

L'emploi des pesticides dans les cultures : entre tracteurs et détracteurs

Prof. Bruno SCHIFFERS

Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège)

Analyse, Qualité, Risque : Laboratoire de Phytopharmacie

bruno.schiffers@ulg.ac.be

On les appelle « pesticides », « produits phytosanitaires », « produits de protection des plantes » ou même « médicaments des plantes » : ce sont, suivant la législation européenne en la matière¹, les produits phytopharmaceutiques utilisés, le plus souvent dans les cultures, mais aussi dans les espaces verts, les terrains de sport, les plaines de jeux ou même nos propres jardins. Depuis leur développement, fulgurant dès les années '60, ils n'ont cessé d'alimenter le débat entre partisans d'une agriculture industrielle, jugée moderne et productive, et tenants d'un modèle agricole plus écologique, plus respectueux de l'environnement et plus proche des préoccupations de beaucoup de citoyens : produire une alimentation saine et sûre dans le cadre d'une démarche durable et responsable. A l'heure où le « modèle agricole » actuel montre ses limites, où l'idée d'une finitude des ressources énergétiques fossiles s'impose à tous, où l'impact des changements climatiques et de l'érosion de la biodiversité nous interpelle, il est naturel que tant les agronomes que les citoyens s'interrogent sur l'importance et la place des intrants (engrais et pesticides). 50 ans après la publication du livre de Rachel CARLSON, « Le printemps silencieux », les défis qui se posent dans le domaine agricole en ce début de 21^{ème} siècle en appellent à une mutation des esprits et des techniques, urgente et nécessaire, pour développer un modèle agricole plus résilient.

1. Importance des ennemis des cultures et nécessité de les protéger

Pour comprendre pourquoi les agriculteurs ont recours à des produits chimiques pour traiter leurs cultures et les produits récoltés, il faut s'intéresser aux menaces qui pèsent sur leur production et aux moyens qu'ils ont de s'en protéger. De nombreux organismes sont considérés par les humains comme des fléaux ou « *pestes* ». Ce sont des « *bio-agresseurs* », quand ils entrent en compétition avec nous pour nos aliments, ou mangent nos vêtements (champignons, mauvaises herbes, insectes ravageurs). Ou ce sont des « *nuisibles* » (mouches, moustiques, tiques, rats), quand ils envahissent nos habitats, nous transmettent des maladies et impactent notre santé, ou simplement nous dérangent.

On peut écrire, sans crainte de se tromper, que la protection des cultures et le recours à des produits pour lutter contre les bio-agresseurs, est aussi ancienne que la sédentarisation de l'Homo sapiens au Néolithique. En effet, avec le développement de l'agriculture, la domestication des animaux et la sédentarisation des humains, la densité de population augmente et la nécessité de protéger les récoltes, les peaux et les tissus sont vite apparus comme une nécessité vitale.

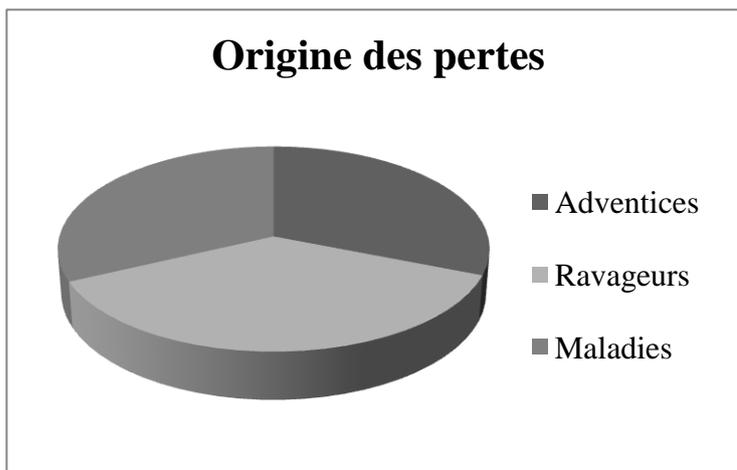
¹ Règlement (CE) 1107/2009, du 21 octobre 2009, relatif à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, Journal officiel de l'Union européenne du 24/11/2009 : L 309/1-L 309/50. Le terme *pesticide* dérive du mot anglais *pest* (tout organisme jugé indésirable : plante, animal, champignon ou bactérie). Les pesticides employés en agriculture sont appelés « produits phytopharmaceutiques », et la science qui s'en occupe, la « phytopharmacie ».

La nécessité de protéger les cultures est engendrée tout d'abord par le fait que, dans notre modèle agricole industriel et productiviste, un champ ou une parcelle cultivée sont des milieux artificiels où la biodiversité naturelle a largement disparu : plus de haies ni de chemins creux, du fait du remembrement rural ; pratique d'une seule culture dans la parcelle ; disparition des zones humides (plus de 50% en 100 ans) et réduction des zones non cultivées.

En concentrant les espèces cultivées, l'agriculteur favorise les populations déprédatrices et les épidémies responsables de la diminution du rendement à l'hectare de la culture. Les dégâts occasionnés aux productions agricoles et aux denrées stockées par les ravageurs, les parasites et les mauvaises herbes (ou adventices) représentent souvent plus d'un tiers des récoltes.

Les agents responsables de ces pertes non négligeables sont essentiellement les insectes phytophages qui sont de loin les plus nuisibles, les nématodes, les champignons, virus et bactéries, sans oublier les mauvaises herbes.

Des stratégies de protection des cultures et des moyens de lutte contre ces ennemis sont alors nécessaires afin de maintenir un niveau élevé de production.



Ravageurs des principales cultures

(Source : Bayer Crop Sciences, Liste des ravageurs, 2001)

Mais	Ver fil-de-fer, oscinie, puceron (comme vecteur de maladies virales)
Céréales	Pucerons (surtout dangereux parce que vecteur de maladies virales)
Cultures légumières	Pucerons, mouches blanches, cicadelles, thrips, chenilles de la feuille et du fruit, mouches mineuses
Plantes d'ornement	Pucerons, mouches blanches
Fruits à noyau	Pucerons, cochenilles, mineuse de la feuille, carpocapse, cheimatobie
Pomme de terre	Pucerons (dangereux surtout comme vecteur de maladies virales), cicadelles, doryphore
Colza	Méligèthes, altises d'hiver, charançons

Sous l'action combinée des maladies, des attaques des ravageurs et de la concurrence des adventices, on estime que près de 50% de la production agricole mondiale est perdue avant ou après la récolte. Or, l'explosion de la croissance démographique² dès les années '60 et l'augmentation progressive du niveau de vie dans certaines régions du monde où la croissance

² Entamée durant les dernières décennies, se poursuivra au moins jusqu'en 2100, la population mondiale passant de plus de 6 milliards à environ 11,5 milliards d'humains à la fin du 21^{ème} siècle.

économique est forte et rapide (pays dits « émergents », comme la Chine, l'Inde et le Brésil) ont rendu nécessaire un accroissement des ressources alimentaires mondiales et permis un débouché pour les produits agricoles à bas prix issus de cette agriculture industrielle. Accroître la production a exigé, d'une part, une augmentation de la superficie cultivée (programmes de mise en culture au Brésil, en Chine, en Inde, en Afrique), et d'autre part, une amélioration de la production à l'hectare par le recours systématique et intensif aux intrants chimiques.

Cette intensification faisant appel à des variétés super-productives (on a même parlé de « révolution verte ») rend les cultures industrielles plus sensibles aux aléas biologiques (attractives pour les ravageurs, sujettes aux maladies ou à la concurrence des mauvaises herbes) et climatiques. Les dégâts occasionnés par les différents ravageurs et parasites des plantes, aussi bien au champ qu'en post-récolte, sont nombreux et possèdent une importance variable suivant le mode de culture, les pratiques agricoles, le stade d'infestation, la robustesse de la plante, l'efficacité et la précocité de l'intervention de l'agriculteur.

2. Que sont les produits phytopharmaceutiques ?

On peut définir le pesticide comme « *une substance ou association de substances* »:

- qui est destinée à repousser, détruire ou combattre :
 - ▶ les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales (endo et ectoparasites) ;
 - ▶ les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux ;
- qui est utilisée pour :
 - ▶ limiter des pertes de rendements des cultures ;
 - ▶ protéger les denrées stockées ;
 - ▶ augmenter le confort de l'agriculteur ;
 - ▶ limiter le développement de pathogènes pour l'homme et les animaux ;
 - ▶ détruire les végétaux indésirables (herbicides, algicides, anti-mousses) ;
 - ▶ détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (défanants, anti-germinatifs, etc.).

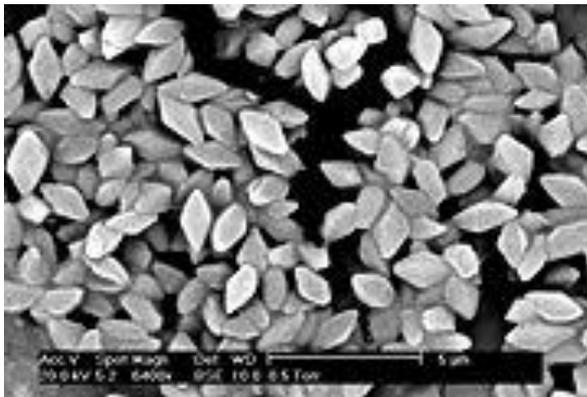
Le terme « *pesticides* » comprend des substances destinées à être utilisées comme régulateurs de croissance des plantes, comme défoliants, comme agents de dessiccation, comme agents d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée des fruits, ainsi que les substances appliquées sur les cultures, soit avant, soit après la récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport³.

On parle de « *substance active* » (« matière active » ou « molécule ») pour désigner le composé actif biologiquement (ex : la deltaméthrine) et de « *formulation* » pour désigner le

³ Depuis la fin des années '90, les pesticides utilisés en hygiène publique (dans nos maisons par exemple) sont appelés « biocides » et font l'objet d'une réglementation différente (Directive 98/8/CE). Les biocides sont autorisés au niveau fédéral par le Ministre ayant la Santé publique dans ses prérogatives.

produit commercial prêt à l'emploi ou à diluer dans l'eau (ex : le DECIS EC 25). La substance active qui est, le plus souvent, une substance chimique, issue de la synthèse porte un nom commun (ex : le chlorpyrifos-éthyl, l'endosulfan, etc.) qui correspond à une formule chimique particulière (formule développée). Les produits, issus de la synthèse, sont développés grâce à la recherche par « *screening tests* » (sélection au hasard), la recherche par analogie (ex: famille des pyréthrinoïdes par analogie au pyrèthre extrait d'un chrysanthème) ou la recherche par le *design* de certaines molécules (grâce à la connaissance du mode d'action, des processus enzymatiques visés, de réactions spécifiques ou étude des relations structure - activité, etc.).

La *formulation* est un produit commercial qui contient une ou plusieurs substances actives (produits binaires, produits ternaires, etc.), à des concentrations bien définies, exprimées en g/litre ou en % selon que les formulations soient des liquides (SL, UL, EC, SC) ou des solides (DP, WP, WG). Elle contient la(les) substance(s) active(s) et des substances ajoutées ou co-formulants (solvants, poudres, émulseurs, mouillants, biocides, colorant, masque, ...) pour améliorer la stabilité du produit, l'efficacité et en faciliter l'emploi (mesure aisée, dispersion efficace dans la cuve du pulvérisateur). Un « produit commercial », c'est donc à la fois : une (ou plusieurs) molécule(s) active(s), un ensemble de co-formulants, un emballage et une étiquette (avec une notice le plus souvent). Chaque produit commercial doit avoir été autorisé par le SPF (Service Public Fédéral) préalablement à sa vente, à sa détention et à son usage⁴. Il est le plus souvent uniquement destiné aux professionnels de l'agriculture (depuis peu en Belgique, les autorisations de vente diffèrent entre les produits agricoles et les produits spécialement destinés à l'usage des particuliers)⁵.



Protéines cristallisées de Bacillus thuringiensis



Le neem (Azadirachta indica)

On distingue parmi les produits qui peuvent être utilisés :

- quelques produits minéraux (notamment, à base de soufre, comme le soufre natif et la bouillie sulfo-calcique⁶, ou de sulfate de cuivre comme la bouillie bordelaise⁷) ;

⁴ Il est interdit de commercialiser, d'acquérir, de présenter, etc. ou d'utiliser des pesticides à usage agricole qui n'ont pas été préalablement agréés par le Ministre qui a l'Agriculture dans ses attributions. L'agrément ne porte pas seulement sur la substance active, mais sur la composition entière du produit. L'agrément des produits à usage agricole a lieu après consultation du Comité d'agrément (site Fytoweb).

⁵ Tous les produits autorisés à la vente en Belgique sont présents sur le site de Fytoweb : <http://www.fytoweb.be/indexFr.asp>

⁶ Obtenue par chauffage d'un mélange de lait de chaux et de soufre (contre la tavelure, la cloque du pêcher et l'oïdium).

- des produits biologiques (Bt, champignons, extraits de champignons, virus d'insectes) ;
- des produits végétaux ou des extraits de végétaux (ex : pyrèthre, essentiellement présenté sous forme d'aérosol; en Afrique et Asie, le *neem*) ;
- et, en beaucoup plus grand nombre, des produits issus de la synthèse.

Différents types de produits phytopharmaceutiques sont disponibles pour combattre les ravageurs des cultures, les maladies, les adventices (ou « mauvaises herbes »), etc. Ainsi on classe d'après leur *activité* les produits en diverses catégories :

- les *insecticides et acaricides*, qui combattent respectivement les insectes et les acariens ravageurs ;
- les *fongicides*, qui permettent de lutter contre les champignons pathogènes ;
- les *herbicides*, qui éliminent les mauvaises herbes ;
- les *nématocides*, qui contrôlent les nématodes phytoparasites ;
- les *rodenticides*, utilisés contre les rongeurs ;
- les *hélicides* (ou molluscicides), qui permettent de lutter contre les mollusques (en particulier les limaces) ;
- les *régulateurs ou substances de croissance* qui agissent sur la physiologie (croissance, mues, etc.) soit des végétaux (ex : raccourcisseur ou éclaircisseur), soit des insectes (ex : analogues d'hormones juvéniles, inhibiteurs de chitine, etc.) ;
- les *répulsifs* ;
- les *éliciteurs*, qui provoquent la mise en place de mécanismes naturels de défense chez les plantes (spécialement contre les maladies fongiques).

Pour certains produits ayant une activité spécifique, on restreindra l'activité mentionnée. Par exemple, pour un insecticide spécifique contre les pucerons (tel le pirimicarbe), on parlera d'aphicide. Il existe d'autres exemples : produits ovicides (ex: certaines huiles minérales), corvifuges et corvicides, taupicides, etc. L'activité mentionnée pourra être complétée d'une précision portant trois points:

- soit sur son *mode de pénétration* (et/ou de « contact » avec la cible) et/ou de déplacement dans la plante (produits « systémiques » et non systémiques) (insecticides de contact, fongicides systémiques, herbicides de contact, insecticides d'ingestion, etc.).
- soit sur son *mode de « positionnement »* (herbicides de prélevée, herbicides de pré-semis, herbicides de post-levée, fongicide curatif, etc.).
- soit sur sa *sélectivité* (cas des herbicides) (herbicide total, herbicide anti-dicotylédones).

On distinguera l'« *activité* » du produit de son mode d'« *utilisation* ». Il s'agit des modalités d'emploi figurant sur les étiquettes ou décrit dans les notices d'utilisation des produits. Elles indiquent entre autres :

- la toxicité et les risques d'exposition lors de l'utilisation, les équipements de sécurité recommandés et les premiers soins ;
- le spectre d'action du produit (les résistances éventuelles), la dose /ha ou la concentration/litre de bouillie (en %) (éventuellement adaptée aux cibles ou aux circonstances locales, telles que le type de sol), le nombre (maximum) de traitements autorisés/saison, l'intervalle recommandé entre les traitements ;

⁷ Obtenue par chauffage d'un mélange de chaux éteinte et de sulfate de cuivre (fongicide polyvalent, contre le mildiou).

- le(s) moment(s) d'application (et de première application), la compatibilité avec les autres produits ;
- la sélectivité par rapport aux auxiliaires des cultures, la sélectivité par rapport à la culture ;
- la préparation de la bouillie, le volume de bouillie/ha, le type de matériel d'application (recommandé), l'influence des conditions environnementale sur l'efficacité ;
- les précautions d'emploi relatives à la dérive (zone non traitée, buses antidérive), le délai avant récolte à respecter (DAR), les conseils pour un bon rinçage de l'emballage et son élimination sans risque ;
- les risques pour l'environnement et les précautions à prendre (stockage, transport, mise en œuvre, élimination).

Pour connaître une substance phytopharmaceutique, et lors de la procédure d'agrément, pour évaluer tous les risques liés à son utilisation, il faut donc s'intéresser à :

- son activité biologique (son usage), variable selon la cible envisagée ;
- son activité agronomique (son utilisation, ses modalités d'intervention) ;
- ses propriétés physico-chimiques (dont dépendra le type de formulation) ;
- sa toxicité (aiguë, chronique, long terme,...) et les valeurs toxicologiques de référence de la substance (DL₅₀, DJA, ARfD, AOEL)⁸ ;
- ses propriétés éco-toxicologiques, et donc son comportement dans l'environnement (dégradation, transport, lixiviation,...) et ses effets sur les espèces non-cibles (abeilles, mollusques, batraciens, vers de terre, insectes auxiliaires et fongicides, acariens du sol, nématodes, algues terrestres, bactéries et champignons du sol et de la rhizosphère) ;
- et, dans une certaine mesure, à ses propriétés économiques (notamment le marché visé).

Conformément à la réglementation en vigueur en Europe (Règlement (CE) 1107/2009), l'ensemble de ces propriétés doivent avoir été étudiées en détail avant toute autorisation de la substance active sur le marché européen. Un certain nombre d'études seront ensuite effectuées également sur le produit commercial avant sa mise sur le marché. On peut cependant regretter que seule la toxicité aiguë, l'irritabilité ou la pénétration cutanée des formulations soit exigée. En effet, la composition du produit fini peut influencer sa capacité de pénétration et sa toxicité. De même, malgré toutes ces exigences déjà nombreuses, les effets des mélanges (de substances et de produits commerciaux) ne sont pas encore évalués.

3. Histoire du développement des pesticides et de leur emploi en agriculture

Pour simplifier, nous distinguerons 4 phases dans le développement des pesticides :

1. La période historique tout d'abord, qui court jusqu'à l'orée du 20^{ème} siècle. Au cours de cette période, l'efficacité des produits employés est le fruit, soit du hasard, soit d'une observation attentive de leurs propriétés (découverte par observation de la bouillie bordelaise par le professeur Millardet en 1882, dans le vignoble du Médoc).
2. Vient ensuite la période des découvertes par voie de synthèse qui furent générées dans le cadre des conflits mondiaux (de 1900 à 1945 environ) à la suite du développement des armes chimiques (gaz de combat).

⁸ Consulter la base de données européenne : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm pour y trouver les valeurs de ces paramètres pour chaque substance active ainsi que les LMR.

3. De la fin de la seconde guerre mondiale à la fin du 20^{ème} siècle, vient la période de la recherche systématique de molécules et d'analogues efficaces, principalement basées sur la réalisation de « screening tests » par des sociétés bien organisées et puissantes.
4. Enfin, la période actuelle, caractérisée d'une part, par la réévaluation des substances actives les plus anciennes, toujours présentes sur le marché et souvent devenues des génériques, et d'autre part, par la volonté de baser les recherches sur la compréhension plus fine des modes d'action et des interactions entre plantes et bio-agresseurs (ex : étude des médiateurs chimiques : phéromones, allomones, éliciteurs).

La période historique (de l'Antiquité à la période contemporaine)

La lutte contre les ravageurs existe depuis des millénaires: en témoignent les papyrus égyptiens, la Torah et les récits bibliques (invasion de criquets pèlerins). Après avoir fait appel aux dieux (Apollon, Hercules ou même Zeus lui-même pour attraper les mouches), nos ancêtres ont d'abord utilisé les moyens dont ils disposaient pour protéger leurs récoltes (certains d'entre eux étant d'ailleurs toujours employés avec succès). Les cendres, l'huile d'olive, certaines plantes furent les premiers « produits » vers lesquels ils se sont tournés.

Ils apprennent notamment à connaître les propriétés biocides des plantes avec lesquelles ils se soignent et peuvent pêcher ou chasser. Ils ne cesseront de les étudier et rédigeront même des traités sur ces plantes comme MAÏMONIDE en 1135 avec son *Traité des poisons*, ou la description dans l'encyclopédie grecque *Geoponika* de plantes (comme le sureau, le cumin, le cèdre, la grenadine,...) dont les chimistes isoleront bien plus tard les principes insecticides. Au Moyen Âge, sont connues des plantes comme : les aconits (utilisés contre les rongeurs), le tabac (utilisé comme insecticide dès la fin du 16^{ème} siècle), le neem (*Azadirachta indica*) originaire d'Inde, les racines de Derris (*Paraderris elliptica*) et le Lonchocarpus (*Lonchocarpus nicou*) qui contiennent de la roténone (caractérisée au Japon en 1902). Les vertus insecticides de ces plantes ont été largement exploitées et dans les années 1920, des milliers de tonnes circulaient sur le marché mondial.

En Europe, l'utilisation plus généralisée des pesticides a suivi les progrès de la chimie minérale. Le soufre (connu des Sumériens 4.500 avant J.-C.), l'arsenic (cité 1^{er} siècle par Pline dans son *Histoire Naturelle*), ou les produits à base d'arséniate de plomb étaient couramment utilisés. Il faut toutefois attendre la révolution agricole du 18^{ème} siècle pour constater un regain d'intérêt à l'égard des produits de protection des cultures. A cette époque, la production agricole passe de la subsistance vers la production commerciale. L'utilisation des engrais se généralise, et la nécessité de protéger les cultures pousse à de nouvelles expériences. En 1740, le « vert de Paris » (l'acéto-arsénite de cuivre) employé pour tuer les rats dans les égouts parisiens, est utilisé dans les traitements des semences, comme insecticide ou raticide. Les insecticides tels l'arsénite de cuivre, l'arséniate de plomb, puis ceux à base de thalium, de zinc, d'antimoine, de sélénium,... font leur apparition.

Au 19^{ème} siècle, sous la pression des épidémies de mildiou en Europe, des traitements fongicides à base de sulfate de cuivre - dont la célèbre bouillie bordelaise, mélange de sulfate de cuivre et de chaux, découverte par hasard - sont réalisés avec succès grâce au développement des épandeurs à dos. Ces traitements ne sont toutefois pas sans séquelles pour la pollution des sols par du cuivre non dégradable. Des sels de mercure sont employés à partir du début du 20^{ème} siècle pour le traitement des semences.

La période post-conflits

L'ère des pesticides de synthèse débute vraiment dans les années 1930, profitant du développement de la chimie organique de synthèse et de la recherche sur les armes chimiques durant la Première Guerre mondiale. En 1874, ZEIDLER a synthétisé le DDT (dichloro diphényl trichloroéthane), mais c'est MULLER qui en décrira en 1930 les effets insecticides sur le système nerveux. Les deux Guerres mondiales ont ainsi généré, à travers les recherches engagées pour la mise au point de gaz de combat dans la chimie du chlore et du phosphore, la famille des organochlorés et des organophosphorés qui connaissent dès la fin du conflit un développement commercial extraordinaire, qui perdure pour certaines molécules (ex : malathion) pratiquement jusqu'à nos jours. Le DDT sera commercialisé dès 1943 ouvrant la voie aux autres organochlorés. Dans les années 50, le DDD et le DDT sont utilisés en grande quantité pour détruire les moustiques vecteurs de la malaria, et en agriculture pour combattre le Doryphore. Jusqu'au début des années 1970, le DDT va dominer le marché des insecticides. Il faudra attendre 1974 pour qu'il soit retiré du marché en Belgique.

La période du développement de la recherche basée sur les « screening tests »

Durant cette période, la recherche de matières actives se fait au hasard en soumettant systématiquement les nombreux produits chimiques qui sont synthétisés à des tests biologiques d'efficacité (ce que l'on appelle les « screening tests »). Lorsqu'un produit était retenu pour ses qualités biocides, on cherchait à en améliorer l'efficacité à travers la synthèse d'analogues. Cette méthode, qui nécessite des moyens importants (tant en capacité de synthèse qu'en dispositifs d'essai), est surtout adoptée par les sociétés chimiques adossées à un secteur pharmaceutique (ex : Bayer, Rhône-Poulenc, Hoesch, BASF, ICI, Dupont de Nemours,...). En 1944, l'herbicide 2,4-D est ainsi copié sur une hormone de croissance des plantes (l'IAA) et est encore employé de nos jours. A partir des années 1950, apparaissent de très nombreuses molécules comme les herbicides de la famille des urées substituées, les paraquat, diquat et triazines. Dans les années 1960, se développent de nombreux fongicides (imidazoles, triazoles). Puis dans les années 1970, les insecticides carbamates et pyréthriinoïdes.

Ainsi, de 1945 à 1985, l'industrie agrochimique mondiale a mis sur le marché environ 1.000 substances actives, insecticides, fongicides, herbicides, produits contre les rongeurs, les limaces, les tiques, les mouches, les insectes ou les champignons du bois, les anti-moustiques et les antimites... engendrant un business gigantesque et des milliers de produits commerciaux différents. Une quinzaine de grandes sociétés multinationales se partagent alors le marché estimé à plusieurs dizaines de milliards de dollars. Leur pouvoir d'influence sur les autorités et les fédérations agricoles est alors considérable. Durant cette période, la consommation de pesticides double tous les dix ans. Le même constat peut être fait, quel que soit le niveau de développement économique des pays : les pesticides se sont imposés dans la plupart des pratiques agricoles même si les quantités et les types de pesticides utilisés varient. Ainsi, en zone tropicale, 50% des produits sont des insecticides appliqués sur le coton.

Les pesticides, sont jugés à la fois efficaces, d'un coût relativement faible et d'emploi facile. Ils contribuent au développement de systèmes de production intensifs, bénéficiant de marchés et de prix agricoles favorables. Ils apparaissent comme le moyen de proposer des produits végétaux de qualité et d'aspect irréprochables tels qu'attendus par le consommateur. Mais, durant cette période qui concerne la seconde moitié du 20^{ème} siècle, ils ont aussi profité d'une sous-évaluation des conséquences sanitaires et environnementales de leur usage. Beaucoup considèrent alors que les pesticides constituent un progrès pour l'agriculture et dans la

maîtrise des ressources alimentaires. Il est vrai qu'associés à l'amélioration végétale, la fertilisation, l'irrigation ou la mécanisation, ils ont permis d'asseoir un modèle d'agriculture productiviste, et d'assurer une production alimentaire en quantité suffisante et avec un coût limité. Indéniablement, l'augmentation des rendements a permis de limiter l'exploitation de terres marginales et la déforestation⁹. Par la lutte contre les insectes vecteurs, les pesticides ont aussi grandement contribué à l'amélioration de la santé publique, permettant d'éradiquer ou de limiter la propagation de maladies parasitaires très meurtrières dont le paludisme (ou malaria), encore présent en Europe au milieu du 20^{ème} siècle.

4. Le réveil des consciences et la perception d'un risque

Sur le terrain, les pesticides prouvent assez facilement leur efficacité ... mais leur efficacité même est liée à leur toxicité, à leur pouvoir « biocide », vis-à-vis non seulement des organismes cibles mais aussi, hélas, des espèces non cibles, parmi lesquels l'homme qui en fait usage. Le revers de la médaille est donc apparu rapidement: phénomènes de résistance chez les insectes, troubles de la reproduction chez les oiseaux, perte de biodiversité, contamination des eaux et des sols cultivés, nombreuses intoxications ou même décès des utilisateurs, ont montré, parfois de façon dramatique, les dangers de ces substances et les limites de leur utilisation pour l'environnement, pour les écosystèmes, mais également pour les êtres humains.

Dès le début des années '60, en plein essor de cette industrie, quelques voix s'élèvent pour décrire les effets induits par l'épandage de produits insecticides peu sélectifs et persistants comme les organochlorés, ou très toxiques pour les espèces sauvages comme la plupart des organophosphorés. En 1962, Rachel CARSON publie *Le printemps silencieux (Silent Spring)*. Dans ce livre prophétique, elle interroge le lien entre les humains, leurs pratiques et les effets qu'elles engendrent sur l'environnement. Ce livre eut un effet retentissant, sensibilisant le grand public aux dangers des pesticides alors couramment utilisés dans l'agriculture. Il fut pourtant, et pour longtemps, très unanimement critiqué non seulement par l'industrie - soucieuse de protéger un business aussi rentable - que par des scientifiques et des fonctionnaires ... qui le plus souvent qui ne l'avaient même pas lu ! Rachel CARSON bénéficie toutefois d'une reconnaissance posthume : elle est généralement considérée comme une des fondatrices du « mouvement environnemental » et la publication de ce livre a contribué à la création de l'Agence pour la Protection de l'Environnement (EPA) aux Etats-Unis.

A partir de 1962, la controverse sur les résidus chimiques présents dans les aliments et dans l'environnement est lancée. Dès les années '60 et '70, les effets indésirables des pesticides commencent à être décrits dans des articles scientifiques, notamment les effets de la bioaccumulation des pesticides organochlorés dans la chaîne alimentaire et les conséquences sur les populations d'oiseaux ou les mammifères marins.

Le grand public, mieux informé des conséquences supposées des pesticides, s'inquiète alors de l'impact de l'agriculture sur l'environnement, de la contamination des sols, des eaux et progressivement se mobilise. Sous la pression du public, les autorités européennes et nationales renforcent progressivement la réglementation. Divers pays, dont la Belgique, prennent les premières mesures d'interdiction : en 1974, le DDT est interdit ; l'aldrine et

⁹ Selon les experts autorisés, en 50 ans l'emploi des intrants en agriculture aurait permis de préserver 50% de la surface de la forêt actuelle en Europe.

l'heptachlore en 1976 ; les composés organochlorés persistants (POPs) en 1981. Il faudra cependant pratiquement 20 ans, et la Directive 91/414/CEE - qui n'entre en application qu'en juillet 1993¹⁰ - pour que l'Europe harmonise ses règles d'autorisation de mise sur le marché et renforce de façon réellement significative ses exigences en matière de toxicité pour l'homme et pour les espèces non cibles (abeilles, insectes utiles, mollusques ou micro-crustacés comme la Daphnie, espèce représentative de la base de la chaîne alimentaire). 10 ans encore pour que le processus de réexamen des anciennes substances soit réellement mis en œuvre, et enfin presque 10 autres années pour qu'un nouveau Règlement européen et une nouvelle Directive voient le jour en 2009, encadrant cette fois non seulement le processus de mise sur le marché, mais aussi les modalités d'emploi des pesticides dans le cadre d'une agriculture durable.

Exactement 50 ans après la publication de *Silent Spring*, le bilan de l'utilisation des pesticides peut être dressé comme suit :

- Au plan mondial, la consommation des pesticides n'a cessé de croître au fur et à mesure de la mise en valeur des terres. Le Japon en utilise 12 kg/ha ; c'est le premier consommateur de pesticides à l'hectare. L'Europe, 3 kg ; les Etats-Unis, 2,5 kg ; et l'Inde, déjà 0,5 kg/ha. En Europe, les « programmes nationaux de réduction » - comme le *Plan fédéral de Réduction des Pesticides et des Biocides* (PRPB) en Belgique – ont, au mieux, permis de stabiliser le marché. Chaque année environ 8.000 tonnes de pesticides sont épandues en Belgique. Le marché mondial représente environ 40 milliards de dollars et à peu stable depuis les années 2000.
- Selon l'OMS, environ 1 million de personnes seraient intoxiquées chaque année, avec entre 20.000 et 200.000 décès, surtout dans les pays en développement. Mais selon l'OMS « *il n'existe pas de données correctes sur le nombre d'intoxications par les pesticides à toxicité aiguë et les cas d'intoxication sont sous-notifiés, en raison d'une réglementation insuffisante, de la faiblesse des structures agricoles et d'une mauvaise définition des maladies professionnelles* ».
- Même si les dépassements des limites maximales pour les résidus ont tendance à diminuer (97 à 98% des produits végétaux analysés respectent les normes admises¹¹), presque 80% des fruits et plus de 50% des légumes contiennent des résidus détectables, avec souvent 4 ou 5 substances différentes présentes dans un seul produit végétal. Les dépassements sont rares mais, en 2010 par exemple, pour certains échantillons belges de céleri la LMR était dépassée de 14 fois !
- Après l'herbicide appelé « atrazine » (et son produit de dégradation, la déséthyl-atrazine) qui maintenant n'est plus autorisée, sont régulièrement retrouvés dans nos eaux souterraines en Région wallonne : la bentazone, l'isoproturon, le métolachlore ou la carbendazime, mais aussi des substances à usage non agricole comme le 2,6-dichlorobenzamide, produit de dégradation du dichlobénil, et cela malgré le retrait du marché de plusieurs de ces substances. L'état de nos eaux de surface n'est hélas pas plus satisfaisant. Les coûts d'assainissement des eaux ne cesseront donc d'augmenter si rien ne change.

¹⁰ Directive du Conseil du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (J.O. L 230 du 19.8.1991).

¹¹ Les normes pour les résidus acceptables pour chaque substance active et chaque denrée sont appelées « LMR ou *Limites maximales applicables aux résidus* ». Elles sont fixées de façon uniforme dans toute l'Union européenne après une évaluation du risque pour le consommateur par l'EFSA (l'agence européenne de sécurité sanitaire des aliments). Elles sont définies en mg/kg de denrée par le Règlement (CE) 396/2005.

- Le pourcentage de non-conformité dans les installations de stockage, de l'étiquetage, de la qualité même des produits reste élevé en Belgique, notamment chez les négociants, sans parler du problème croissant posé par les contrefaçons et les importations illicites (estimé à environ 12% par les industriels).

L'incidence de la pollution environnementale par les intrants, la contamination de l'air, des sols et de l'eau, la perte de biodiversité, rappellent que les risques engendrés par l'interaction constante entre les activités agricoles et l'environnement sont nombreux, de natures très diverses, et parfois catastrophiques dans leurs conséquences¹². La complexité de ces interactions en appelle à la contribution de la recherche pour l'élaboration de plans d'action et le choix de mesures efficaces et viables pour la gestion de ces risques¹³.

Le grand public n'est pas sourd à ces critiques, et s'inquiète de longue date. Si l'on en croit l'Eurobaromètre européen - publié par la Commission en 2006 et en 2010 - les citoyens classent en numéro Un de leurs préoccupations alimentaires « *la problématique des résidus de pesticides dans les aliments* », bien loin devant l'obésité ou les OGM. La plupart des sondages d'opinion récents indiquent la même prise de conscience. Ainsi en 2006, selon l'agence européenne de sécurité des aliments, 75 % des Européens se disent inquiets de la présence de résidus de pesticides. En 2008, selon l'IFOP, 80 % des Français se déclaraient inquiets ou très inquiets de la présence de pesticides dans leur alimentation. En 2009, pour 64 % des français interrogés, les pesticides présentent des risques jugés élevés. Ces classements sont le reflet d'une préoccupation engendrée par les informations présentes de façon récurrente dans les médias qui traitent abondamment du sujet :

- en évoquant des résultats de recherches scientifiques, la publication de rapports décrivant la pollution des eaux et du sol ;
- en relatant des décisions de justice qui reconnaissent une relation de cause à effet entre l'exposition à un pesticide et la survenue d'une maladie comme récemment (en mai 2012), le lien avéré et reconnu par une mutualité en France entre l'exposition à certains pesticides et le développement de la maladie de Parkinson ;
- ou en commentant le dépassement des limites maximales de résidus de pesticides admises dans les denrées.

A titre d'exemple, citons la publication en septembre 2007 du rapport du Professeur BELPOMME dénonçant la contamination des Antilles françaises par le chlordécone, un insecticide persistant utilisé entre 1972 et 1993 pour détruire les charançons du bananier. Cette publication a alors provoqué une vague d'inquiétude dans l'opinion publique française, et suscité des réactions assez vives dans la communauté scientifique, dans la classe politique, jusqu'au sein du Gouvernement français qui a alors commandité un rapport officiel sur la question. Selon les termes même du Rapport officiel de l'Etat français « *le sujet des pesticides dépasse à présent le cadre purement scientifique* ». La décision des autorités compétentes, autorisant ou interdisant l'utilisation d'un pesticide « *doit pouvoir s'appuyer sur une balance bénéfices-risques tenant compte de nombreux paramètres tels que la santé et la sécurité des*

¹² Voir INRA-CEMAGREF(2005). Les pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective Inra-Cemagref. Editions Quae, Versailles, 119 pages.

¹³ Voir CALVET et al. (2005). Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales, Editions France Agricole, Paris, 637 pages.

approvisionnement alimentaires, mais aussi l'environnement, la démographie, l'économie et l'éthique ».

4. Les limites du modèle de production actuel

Si la mission assignée à l'agriculture - produire plus au meilleur coût - a bénéficié à l'ensemble de la société (ainsi, un ménage en Belgique ne consacre que 12 à 15% à l'achat de ses produits alimentaires), il en est résulté des incidences défavorables pour l'environnement. Non sans mal, presque tout le monde s'accorde aujourd'hui à reconnaître le caractère polluant de l'agriculture intensive telle qu'elle est pratiquée dans de nombreuses régions. Face aux dommages environnementaux et socio-économiques provoqués par des pratiques agricoles considérées jusqu'il y a peu comme les plus en pointe, craintes et irritation de l'opinion publique progressent en Europe et ailleurs. La préservation de l'environnement par le producteur est aujourd'hui explicitement perçue comme un indice de respect du consommateur, au moins autant que la garantie de la qualité sanitaire du produit.

De manière générale, la protection chimique des cultures, même si elle est le plus souvent efficace, ne donne plus entièrement satisfaction, non seulement par rapport à la durabilité des agroécosystèmes (perte de diversité biologique, dégradation de la qualité physico-chimique du milieu), mais aussi à cause de son efficacité toujours plus limitée par la manifestation de résistances des ravageurs, des modifications des spectres parasitaires et par l'apparition de graves déséquilibres dans le milieu (pollution des eaux, contamination du sol et de l'air). Il devient donc nécessaire pour les producteurs de réorienter leurs choix et leurs modèles de production dans une direction plus compatible avec un développement durable.

Aujourd'hui face aux exigences croissantes de l'Europe en termes de qualité sanitaire et face à la progression des exigences commerciales de la grande distribution, les producteurs doivent impérativement corriger leurs pratiques, non seulement pour délivrer des produits conformes à la réglementation (ex : respect des LMR et autres normes) et pour sauvegarder leurs parts de marché, mais aussi pour produire de façon « éthique » en respectant l'environnement.

Il ne suffit plus en effet aux producteurs de considérer l'efficacité et la rentabilité des traitements, ni même les seuls aspects « sanitaires » de leurs méthodes de protection des plantes, le marché leur ayant imposé petit à petit des critères touchant au respect de l'environnement, à la protection de la biodiversité, à l'éthique des méthodes mises en œuvre. Par ailleurs, dans un marché international de plus en plus concurrentiel, les systèmes de culture intensifs très consommateurs d'intrants risquent de conduire à des impasses économiques. Leur nécessaire évolution devrait passer par un allègement significatif des quantités d'intrants pour réduire les coûts de revient et les coûts indirects (ex : épuration des eaux contaminées). Faute d'évaluation et d'information scientifique objective de l'impact des méthodes de lutte sur l'environnement et sur la possibilité d'améliorer significativement les pratiques phytosanitaires actuelles, la place réservée à la lutte chimique dans les itinéraires techniques de production sera clairement remise en question.

L'industrie agro-alimentaire et la grande distribution sont d'ailleurs friandes d'introduire dans leurs cahiers de charge toujours plus d'« exigences environnementales » (ex : Global-GAP, Charte PERFECT, Terra Nostra, Hypermarket C1000, Ethical trading initiative - ETI, Agriculture raisonnée,...), de certifications de type ISO 14001, ou de type PPP comme en Tunisie (*Production Plus Propre*, basée sur la prévention intégrée de la pollution), d'éco-

labels tels que le « *Label écologique* » de l'UE (23 groupes de produits différents, et plus de 250 certificats déjà décernés à plusieurs centaines de produits en Europe).

Le « questionnaire environnemental » transparait aussi dans les exigences renforcées et les restrictions de plus en plus fortes concernant les autorisations de mise sur le marché des substances actives, à l'image de l'évolution récente de la révision de Directive européenne 91/414/CEE qui remet en cause la rentabilité économique du développement de nouvelles familles de substances actives. Cette Directive européenne 91/414/CEE a été remplacée en 2009, à la fois par un nouveau règlement encadrant les autorisations de mise sur le marché (déjà cité ci-avant), et une nouvelle Directive¹⁴ portant sur l'utilisation durable des pesticides et la réduction des risques et des impacts négatifs des produits de protection des cultures, notamment par le développement et la vulgarisation de « Bonnes Pratiques » et la formation des opérateurs (la licence d'application qui va entrer en vigueur en Belgique).

Au niveau européen, l'utilisation durable des pesticides est l'une des sept stratégies thématiques du sixième programme communautaire d'action pour l'environnement (2002-2012). Celle-ci vise « la réduction sensible des risques et de l'utilisation des pesticides dans une mesure compatible avec la protection nécessaire des cultures ». Ainsi, dans le cadre des réglementations européennes pour la protection des eaux (ex : Directive sur les nitrates, Directive-cadre sur l'eau), sont prévus des « Codes de Bonnes Pratiques » pour l'utilisation des intrants (engrais et pesticides). Dans le même ordre d'idée, on peut aussi citer les « Contrats de rivière » (gestion des bassins versants), les « Chartes Qualité », etc.

Ces différentes « Bonnes Pratiques » recommandées n'auront de réelle efficacité sur l'évolution des pratiques agricoles que si leur efficacité peut être démontrée, mesurée et qu'elles sont acceptées par les producteurs au travers d'une concertation, d'une adhésion volontaire et d'une prise de conscience de ceux-ci de la nécessité de changer leurs pratiques pour préserver leur santé et leur outil de production. Dans l'immédiat, la conséquence du processus de révision des plus anciennes substances actives, de leur retrait progressif et de leur remplacement souvent assez lent, est la réduction du choix du producteur, voire même dans certains cas, l'absence de tout moyen chimique de lutte, et l'augmentation des coûts de la protection des cultures avec de nouveaux produits sous brevet. Il restera également nécessaire d'évaluer l'impact des nouvelles techniques de protection sur la qualité des produits, l'environnement et la santé de l'opérateur.

5. Comment doit évoluer la protection des cultures ?

Les défis qui se posent aux producteurs agricoles en matière de « protection » de leurs cultures sont nombreux, et l'équation est de plus en plus complexe à résoudre :

- Mettre les cultures dans les meilleures conditions possibles (notamment au niveau de leur environnement et de leur alimentation) non seulement pour éviter l'apparition et le développement de leurs ennemis, mais aussi pour être en mesure de résister aux variations climatiques et aux épisodes extrêmes plus fréquents.
- N'intervenir que quand c'est justifié pour sauvegarder sa marge économique et la qualité commerciale de ses produits. Eviter toutes les interventions ou traitements de simple

¹⁴ Directive 2009/128/CE du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. Journal officiel de l'Union européenne du 24/11/2009 : L 309/71-309/86.

assurance et être capable de démontrer que chaque intervention est nécessaire, rentable et sans risque.

- Identifier la ou les méthodes les plus efficaces, les plus adaptées au niveau du risque, les combiner et veiller à ce que l'impact sur la culture, le consommateur et l'environnement soit le plus faible possible. Être capable de démontrer que la méthode d'intervention choisie était la plus appropriée et la plus économique.
- Respecter la réglementation nationale, internationale et les exigences (ou restrictions) de cahiers de charge privés dans le cadre des certifications (ex : certifications biologiques). Garder une trace de toutes les opérations effectuées, notamment pour protéger les cultures et les produits récoltés (traçabilité = sécurité démontrée : pouvoir reconstituer dans le détail les mesures prises et les dosages effectués).

La protection des cultures est ainsi aujourd'hui placée à la croisée des chemins :

- Prônant de « *Bonnes Pratiques Phytosanitaires* », comptant sur une évolution positive de la protection chimique grâce à l'apparition de nouvelles molécules moins toxiques et plus respectueuses de l'environnement, et s'appuyant sur la simplicité de la mise en œuvre de la plupart des traitements chimiques, certains persistent à ne promouvoir que celle-ci, considérant comme trop aléatoire un changement des mentalités et des habitudes, une modification des pratiques ou encore jugeant excessif le coût des autres méthodes de lutte (comme la lutte biologique ou l'emploi de biopesticides).
- D'autres souhaitent privilégier la « *voie transgénique* » (ex : incorporation dans le coton ou le maïs du gène insecticide « Bt » (issu de la bactérie *Bacillus thuringiensis*) comme une alternative à long terme à la lutte chimique, malgré ses détracteurs actuels (lutte génétique).
- D'autres enfin, dont nous sommes, soulignent l'intérêt de l'« *agro-écologie* », et des mesures préventives intégrées à des pratiques culturales plus écologiques, réduisant le risque de pullulation des populations de parasites par l'adoption de stratégies plus élaborées, basées sur la biologie des espèces en interactions et intégrant les facteurs du milieu, les pratiques culturales et le savoir-faire des paysans, la fertilité du sol, le climat, les contraintes socio-économiques locales, et faisant appel, en cas de besoin et d'une façon hiérarchisée, à diverses techniques de gestion du risque pour les cultures engendré par les maladies et les ravageurs (résistance variétale, lutte biologique, lutte intégrée avec emploi de biopesticides, emploi de produits phytosanitaires de nouvelle génération stimulant la défense naturelle des plantes). Une protection des cultures écologiquement intensive.

Par ailleurs, la grande distribution impose déjà aux producteurs de plus en plus d'exigences commerciales (ex : référentiels privés tels Global-GAP), poussée plus souvent par des arguments marketing que pour des raisons techniques avérées. D'un autre côté, le processus de révision des substances actives suivant la nouvelle réglementation conduira à la réduction du choix des producteurs quant à ses méthodes de lutte, voire même au rejet des moyens chimiques de protection dans certaines de ses cultures. Dans un marché international de plus en plus concurrentiel, les systèmes de culture intensifs et très consommateurs d'intrants risquent donc de conduire rapidement les producteurs à des impasses économiques (finitude des énergies fossiles) et commerciales.

Les considérations techniques, réglementaires et économiques énoncées ci-dessus plaident toutes en faveur d'une protection des cultures évoluant vers une approche plus écologique. Cette évolution souhaitable par tous, mais regrettée par quelques tenants de l'agriculture industrielle, devrait rendre la priorité au fonctionnement équilibré et durable des

agroécosystèmes. Elle devra passer par un allègement significatif des quantités d'intrants pour réduire les coûts de revient direct, ... mais aussi indirects : coûts d'assainissement des eaux, coûts des impacts sur l'environnement, coût pour la santé des agriculteurs et des populations (ces derniers ayant été chiffrés à 25 milliards d'euros par la Commission européenne dans un rapport interne). Les producteurs, qui subissent de plein fouet les aléas climatiques et économiques, l'arrêt progressif de leurs subventions et qui voient le prix de l'énergie grimper en flèche, seront amenés à revenir à des systèmes de production moins énergivores, plus écologiques, plus résilients, utilisant moins d'engrais et moins de pesticides. C'est grâce à une analyse scientifique des pratiques actuelles et des alternatives proposées que l'on pourra démontrer en toute objectivité aux producteurs l'intérêt d'adapter ou de changer les méthodes de protection de ses cultures, et lui proposer des solutions alternatives efficaces et durables.