«Exposition des populations aux produits phytosanitaires et risques sanitaires»

Dossier du participant

Recueil des synthèses des exposés

Colloque organisé par **l'Académie d'Agriculture de France**,
en collaboration avec
l'École des Hautes Études en Santé Publique
et l'Institut de Recherche en Santé Environnement et Travail

EHESP Rennes, le 14 mars 2017

Avec le soutien de la MSA

Programme

9h00-9h30 **Accueil des participants**

9h30-9h45 **Allocutions d'ouverture**

-Gérard TENDRON, secrétaire perpétuel de l'AAF

-Laurent CHAMBAUD, directeur de l'EHESP

9h45-10h05 **Présentation du contexte, des objectifs et du programme du colloque**

-René SEUX, membre de l'AAF et Professeur honoraire de l'EHESP

10h05-10h30 **L'évolution des substances utilisées pour protéger les cultures. Focus sur les cinquante dernières années.**

-Jean-Louis BERNARD, membre de l'AAF

10h30-11h00 **Évolution des pratiques, usages et contraintes en matière de phytosanitaires**

-Laurence GUICHARD, ingénieure de Recherche - INRA Grignon

-Nathalie VERJUX, chef du service Protection intégrée des cultures – Arvalis-Institut du végétal

11h00-11h25 **Impacts de ces évolutions sur la contamination environnementale (sol-air)**

-Carole BEDOS, INRA-Grignon UMR Ecosys, chargée de recherche

11h25-11h50 **Présentation et analyse des facteurs d'exposition aux produits phytosanitaires des professionnels**

-Pr Isabelle BALDI, médecin épidémiologiste - ISPED-Université de Bordeaux

11h50- 12h30 **Débat général sur les facteurs d'exposition de la population aux produits phytosanitaires**.

-Animateur: Jean-Louis RIVIERE, membre de l'AAF

-Gestion des questions: René SEUX, membre de l'AAF

12h45- 14h00 **Déjeuner buffet (EHESP)**

14h00- 14h30 **Évaluation des dangers et des risques des substances actives et des préparations et produits phytopharmaceutiques dans le cadre de la mise sur le marché**

-Thierry MERCIER, directeur adjoint de la Direction d'évaluation de produits réglementés-ANSES

14h30-15h00 **Surveillance des effets indésirables des produits phytopharmaceutiques dans le cadre de la phytopharmacovigilance: illustration au cas des expositions et des risques alimentaires**

-Mathilde MERLO, responsable de l'unité Phytopharmacovigilance et Observatoire des résidus de pesticides, Direction de l'évaluation des risques-ANSES

15h00-15h50 **Évaluation des conséquences sanitaires de l'exposition des populations-professionnels et population générale aux produits phytosanitaires:**

1- Méthodes d'estimation de l'exposition et de l'identification des atteintes à la santé des populations

-Cécile CHEVRIER, IRSET/UMR 1085 Inserm, chargée de recherche

1- Présentation des résultats de l'expertise collective de l'INSERM

-Sylvaine CORDIER, IRSET/UMR 1085 Inserm, Directrice de recherche émérite

15h50-16h30 **Débat général sur les connaissances et les méthodes d'évaluation des conséquences sanitaires de l'exposition aux produits phytosanitaires.**

-Animateur : Pierre LEBAILLY, UFR Santé de l'université de Caen-Normandie - UMR 1086 Inserm, maître de conférences

-Gestion des questions : Philippe QUENEL, Professeur à l'EHESP-IRSET/UMR1085 Inserm

16h30-17h00 Conclusions

-Jean-Louis RIVIERE, Membre de l'AAF

-Philippe QUENEL, Professeur à l'EHESP-IRSET/UMR1085 Inserm

Le temps prévu pour chaque communication inclut un temps de 5 minutes réservé aux questions ponctuelles sur les points abordés par le conférencier

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

Colloque «Exposition des populations aux produits phytosanitaires et risques sanitaires», le 14 mars 2017, à Rennes

Allocution d'ouverture

par Gérard Tendron

Secrétaire perpétuel de l'Académie d'agriculture de France

Monsieur le Directeur,
Mesdames et Messieurs,
Chères consœurs, chers confrères,

Le colloque qui nous réunit aujourd'hui à Rennes sur le thème «Exposition des populations aux produits phytosanitaires et risques sanitaires» revêt une grande importance vis-à-vis des professionnels de l'agriculture et de la santé et, au-delà, de nos concitoyens, de plus en plus préoccupés par les risques sanitaires liés aux activités humaines.

Si l'agriculture a pour vocation de nourrir la population et en particulier d'augmenter la disponibilité alimentaire, ce dont elle s'acquitte en France de manière remarquable, elle doit aussi veiller à limiter les impacts négatifs sur l'environnement et sur les populations de ses pratiques, et en particulier de l'usage des produits phytosanitaires.

Dans ce contexte, la sécurité alimentaire des populations, consistant à assurer une production couvrant les besoins alimentaires, doit être couplée avec la sécurité des aliments qui consiste à produire des aliments sains. Les progrès réalisés dans de nombreux domaines des sciences de la vie et de l'agronomie y contribuent largement.

Au demeurant, l'agriculture a toujours été confrontée à de nombreux défis pour produire en quantité suffisante des produits alimentaires de qualité. En premier lieu, la lutte contre les bio-agresseurs, insectes en particulier tel le phylloxéra destructeur de vigne, et les pathogènes de toute nature tels que les virus et les agents fongiques; mais aussi la lutte contre les mauvaises herbes en compétition avec les plantes cultivées, ont toujours constitué des enjeux majeurs pour éviter les pertes massives de production et les altérations de la qualité des denrées avant la récolte ou lors de leur stockage et de leur commercialisation.

Depuis la seconde guerre mondiale, la capacité de produire afin de satisfaire les besoins alimentaires de notre pays a été fortement dépendante des stratégies et des moyens mis à disposition des agriculteurs et des filières de transformation et de commercialisation, afin d'assurer la régularité de rendements élevés et la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits mis sur les marchés.

Si l'on s'en tient aux bio-agresseurs et aux pathogènes, la science a été mise à contribution pour comprendre leurs mécanismes d'action et pour fournir des méthodes et des moyens de lutte. Parmi les scientifiques contributeurs les plus connus, après Duhamel du Monceau et ses écrits sur les arbres fruitiers, le nom de Pasteur, illustre membre de notre compagnie, mérite d'être cité ici.

Avec le développement de la chimie au cours du XXe siècle, les molécules de synthèse organique ont rapidement succédé aux préparations minérales à base de soufre, d'arsenic ou de cuivre, apparues très tôt.

Les premières substances appartiennent à la famille des organochlorés, dont la plus emblématique est certainement le DDT.

Paul Hermann Müller, chimiste suisse, a reçu en 1948 le prix Nobel de médecine pour sa découverte en 1939 de la grande efficacité du DDT en tant que «poison contre les arthropodes». C'était la première fois que le prix Nobel de médecine était attribué à un non médecin, ce qui marque l'importance de la découverte pour la santé des populations.Le DDT a été utilisé au cours de la première guerre mondiale par l'armée américaine pour lutter contre les fléaux que constituaient des maladies comme la malaria et le typhus. Mis en vente, à partir de 1945, le DDT a ensuite été employé dans l'agriculture, notamment pour la lutte contre le doryphore.

Il ouvre alors la voie à l'utilisation des insecticides puissants de la famille des carbamates et des organophosphorés à partir des années 70. Viendront ensuite les herbicides et les fongicides.

Mais dans les années 60, le DDT est rendu responsable de diverses altérations de la reproduction des oiseaux, notamment des rapaces. Parallèlement, les progrès des méthodes et des moyens d'investigation analytiques permettent à la recherche de mettre en évidence les contaminations environnementales, jusqu'aux glaces des pôles, par les résidus de ces produits à grande rémanence et à partir de 1972 le DDT est interdit en Europe.

Avec l'usage généralisé des produits phytosanitaires, étendu aux herbicides et aux fongicides, la contamination de tous les compartiments de notre environnement va, dès lors, constituer un sérieux problème. La prise de conscience commence avec la contamination des eaux naturelles, qui se traduira par de nombreux cas de non-conformité des eaux destinées à la consommation humaine, lors de l'application, à la fin des années 80, de la première directive européenne relative aux eaux alimentaires.

Avec la mise en application de la directive-cadre sur l'eau du 23 octobre 2000, la réduction de l'usage des pesticides devient un enjeu politique et, en décembre 2007, le Grenelle de l'environnement fixe un objectif de réduction de 50 % à l'horizon 2015. Mais le

changement des pratiques agricoles et non agricoles en matière d'usage des pesticides relève de nombreux facteurs qu'il nous est impossible de développer ici.

Après une diminution au cours des années 2010 - 2012, les volumes de substances actives utilisées en France ont ensuite augmenté, rendant ainsi le bilan décevant en 2015. Si la contamination environnementale par les pesticides est toujours d'actualité, ce qui préoccupe plus encore nos concitoyens c'est leur propre contamination, via l'environnement peut-être, mais surtout via les produits qu'ils consomment au quotidien. De ce point de vue le développement de la consommation de produits «bio» peut être considéré comme un indicateur de cette inquiétude.

Dans un tel contexte, l'Académie d'agriculture de France, qui a consacré plusieurs séances au cours des dernières années sur des questions importantes relatives aux pratiques professionnelles concernant l'usage des phytosanitaires, se devait d'aborder les questions d'exposition et des conséquences sur la santé de nos concitoyens.

Mais pour traiter de ces importants sujets, il nous fallait trouver un partenariat dans la sphère de la santé publique.

Au sein de la section «Interactions milieux-êtres vivants» de notre Compagnie, qui est à l'initiative de ce colloque, notre confrère René Seux professeur honoraire de ce grand établissement qu'est l'École des Hautes Études en Santé Publique, a consacré une grande partie de sa carrière de chercheur à l'importante question du devenir des phytosanitaires dans l'environnement, tout particulièrement dans l'air et l'eau. Il était donc naturel qu'il porte ce projet de colloque et sa double appartenance a largement facilité les contacts pour organiser à Rennes cette manifestation, en collaboration et au sein de l'École des hautes études en santé publique, avec le précieux concours de l'Institut de recherche en santé, environnement et travail.

En terminant cette courte introduction, outre René Seux qui a consacré beaucoup de temps et d'énergie pour la préparation de ce colloque, je tiens à remercier également le Directeur de l'École d'avoir accepté de nous accueillir au sein de son établissement et l'Institut de recherche d'avoir apporté sa collaboration.

Enfin, je ne saurais oublier le rôle joué par notre confrère Pierre Thivend, animateur du relais territorial pour le Grand Nord-Ouest de l'Académie d'agriculture, pour son engagement à développer des liens solides entre l'Académie et les établissements d'enseignement et de recherche dans cette région dynamique.

Je souhaite un grand succès à ce colloque, compte-tenu de l'intérêt des thèmes abordés et de la qualité des intervenants.

Présentation du contexte, des objectifs et du programme du colloque

René SEUX, membre de l'AAF et professeur honoraire de l'EHESP

À la sortie de la seconde guerre mondiale, les populations qui avaient souffert d'une alimentation insuffisante, en quantité et en qualité et qui avaient vu leur espérance de vie diminuée en raison des privations et du retour de maladies endiguées depuis le début du siècle par la vaccination, ont retrouvé de l'espoir avec les progrès de la science et le développement de la mécanisation dont a largement profité l'agriculture.

Les premiers insecticides de synthèse ont alors reçu un accueil très favorable, en permettant une avancée spectaculaire dans la lutte contre les insectes, vecteurs de maladies graves, mais aussi contre les insectes et autres bio-ravageurs des cultures et des denrées alimentaires stockées. Rapidement, les pesticides (insecticides organochlorés et carbamates) se sont imposés, à coté des fertilisants, comme des facteurs essentiels d'accroissement des rendements. C'est ainsi que la chimie a largement accompagné le développement des productions agricoles au cours de la seconde moitié du XXème siècle, avec la disponibilité sur le marché de nombreuses substances actives nouvelles (organophosphorés, azotés, etc..) sous des formulations diverses, permettant de couvrir l'ensemble des cibles: insecticides, fongicides, herbicides, molluscides, etc…).

Puis, à partir de la fin des années 60, avec la mise en évidence des effets adverses de ces substances biocides:

- contamination des milieux liée à la diffusion de produits rémanents (organochlorés par exemple),

-perturbation des chaînes biologiques (incidence sur la reproduction des poissons et des oiseaux…),

-toxicité aiguë (essentiellement liés aux modalités d'action des organophosphorés), etc...

les remises en causes de produits autorisés depuis quelques décennies ont conduit à des interdictions successives d'emplois (DDT, lindane, méthyl et éthyl parathion etc…).

Parallèlement, les progrès en matière d'analyse vont être considérables, particulièrement à partir des années 1980-90 avec le développement des techniques et méthodes de chromatographie et l'utilisation de colonnes au pouvoir séparatif élevé (colonnes capillaires), couplées à des détecteurs à hautes performances (spectrométrie de masse).

Si, dès les années 70-80 la contamination des milieux avait été documentée pour ce qui concerne les organochlorés (DDT, lindane, etc...), ce n'est qu'à la fin des années 80, avec la mise en

application (Décret n° 89-3 du 3 janvier 1989) de la directive européenne (Directive 80/778/CEE) relative à la qualité des eaux alimentaires et l'accroissement des performances des méthodes et moyens de l'analyse, que la contamination des eaux naturelles (avec localement des concentrations élevées en herbicides comme l'atrazine, puis en glyphosate par exemple) a été plus largement décrite.

C'est dans ce contexte, que la limite de qualité relative aux pesticides, avait été fixée uniformément dans la directive de 1980 (à l'exception de quelques organochlorés très toxiques -aldrine et dieldrine par exemple- pour lesquels la limite est inférieure - 0,03 µg/l) à 0,1 µg/l pour l'ensemble des produits (et métabolites pertinents) dans les eaux de distribution publique, sans prise en considération du profil toxicologique des substances identifiées. Ceci a constitué un véritable défi pour les collectivités en charge de la production et de la distribution en eau potable.

Car, à la différence de ce qui est pratiqué pour les denrées alimentaires, les résultats des analyses du contrôle sanitaire sont systématiquement portés à la connaissance des consommateurs et tout dépassement de la limite de 0,1 µg/l attire l'attention du public, même si la teneur observée est sans signification sanitaire.

Dès lors, la prise de conscience d'un risque incontrôlé de contamination par les «pesticides» de tous les compartiments environnementaux et des produits alimentaires va nourrir un débat, qui ne fera que s'amplifier avec la mise en évidence à la fin des années 90, de la contamination de l'air.

Depuis, les critères d'acceptabilité, les modalités et les conditions de mises sur le marché des produits phytosanitaires ont beaucoup évolués en Europe, avec pour effets un large renouvellement et une réduction du nombre de substances autorisées.

Notre confrère Jean-Louis Bernard, spécialiste de ces questions, nous fera le point sur l'évolution et la typologie des substances utilisées au cours des cinquante dernières années.

Mais les données disponibles montrent que ces évolutions n'ont eu que peu d'incidence, au cours des dix dernières années, sur les niveaux d'utilisation des produits phytosanitaires par les producteurs agricoles. Et cela, malgré la montée en puissance des productions «bio» qui traduit l'inquiétude des consommateurs, des effets sur leur santé de la contamination par les résidus de pesticides des produits alimentaires issus de l'agriculture conventionnelle.

QSA (milliers de kg) – usages agricoles						
Fonction	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Herbicide	23 553	24 187	26 651	24 768	24 936	27 805
Fongicide	18 247	16 859	14 563	16 164	17 438	21 168
Insecticides (dont acaricides)	849	865	1 011	966	927	931
Substance de croissance	2 455	2 582	2 482	2 372	2 254	2 614
Nématicide	2 892	3 095	1 513	2 177	2 061	2 515
Autres (Molluscicides, rodenticides, activateur végétal, etc.)	2 975	2 986	2 660	2 888	3 172	3 861

source : plan Ecophyto II

Globalement ces chiffres traduisent l'échec du plan Ecophyto 1 qui fixait, en 2008, une réduction de 50 % du recours aux pesticides à l'horizon 2018.

Parallèlement, toutes les filières engagées dans le réseau de fermes DEPHY ont diminué en moyenne leur indice de fréquence de traitement depuis leur entrée dans le réseau et l'année 2014.

La réglementation française fixe un cadre pour les utilisateurs et les usages agricoles et non agricoles. Les moyens en matériels et les conditions de mise en œuvre des traitements font l'objet de recommandations, de prescriptions et de contrôles encadrés par des dispositions réglementaires.

Alors, ces évolutions permettent-elles une réduction sensible de:

- la contaminations des milieux,
- l'exposition des professionnels
- la contamination des denrées alimentaires ?

Sur toutes ces considérations, l'intensité des usages, les modalités d'application des produits phytosanitaires et d'une manière globale, les pratiques des professionnels, ont des impacts considérables.

Pour éclairer les débats de fin de matinée, nous aurons successivement les exposés de:

- **Laurence GUICHARD et Nathalie VERJUX, qui nous informerons de l'évolution des pratiques, usages et contraintes en matière de produits phytosanitaires, puis**
- **Carole BEDOS, nous montrera l'impact de ces évolutions sur la contamination environnementale, de l'air principalement, enfin**
- **Isabelle BALDI, nous fera une analyse des facteurs d'exposition aux produits phytosanitaires des professionnels en s'appuyant, notamment sur le rapport publié par l'ANSES en 2016.**

Les modalités de mise sur le marché, des produits «biocides» (défini dans la directive 98/8/CE du parlement européen et du conseil du 16 février 1998) et des produits phytopharmaceutiques au sens du règlement (CE) n° 1107/2009, ont été largement revues en Europe depuis l'adoption de la Directive n° 2009/128/CE du 21/10/09 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

La France a fait le choix de confier, depuis 2015, l'ensemble de la procédure d'autorisation de mise sur le marché des produits phytosanitaires, jusqu'alors gérée par le ministère de l'agriculture, à l'ANSES.

- **Thierry MERCIER, directeur adjoint de la Direction d'évaluation de produits réglementés,**

  ouvrira la session d'après midi en nous exposant l'évaluation des dangers et des risques des substances actives et des préparations et produits phytopharmaceutiques, dans le cadre de la mise sur le marché puis,

– **Mathilde MERLO, responsable de l'unité Phytopharmacovigilance et Observatoire des résidus de pesticides, Direction de l'évaluation des risques,**

nous présentera le dispositif de surveillance des effets indésirables des produits phytopharmaceutiques dans le cadre de la phytopharmacovigilance avec une illustration au cas des expositions et des risques alimentaires.

La seconde partie de cette session sera consacrée à l'importante question des impacts sur la santé des populations, d'une exposition plus ou moins ancienne à des produits phytosanitaires de diverses origines, via l'environnement (air et eau), mais surtout via les produits que nos concitoyens consomment au quotidien.

L'évaluation de l'exposition pose des difficultés particulièrement ardues, en raison de la multiplicité des sources et des situations, mais également de l'évolution des substances utilisées au cours du temps.

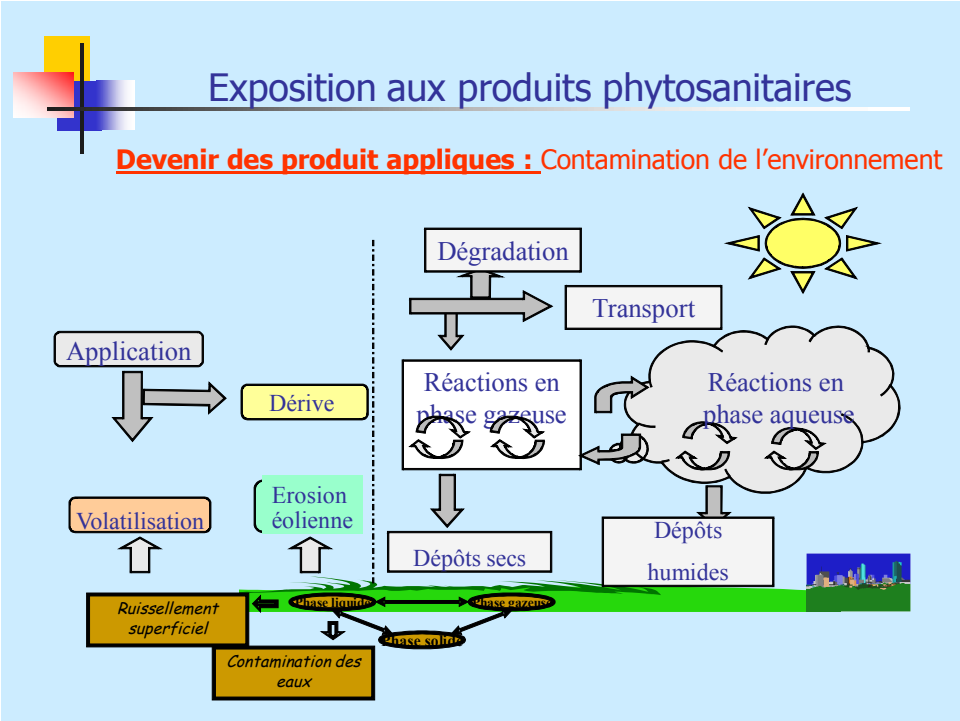
Ce point sera développé par:

- **Cécile CHEVRIER, IRSET/UMR 1085 Inserm,**

qui nous exposera les méthodes d'estimation de l'exposition et de l'identification des atteintes à la santé des populations en s'appuyant sur des exemples concrets.

- **Sylvaine CORDIER, IRSET/UMR 1085 Inserm,**

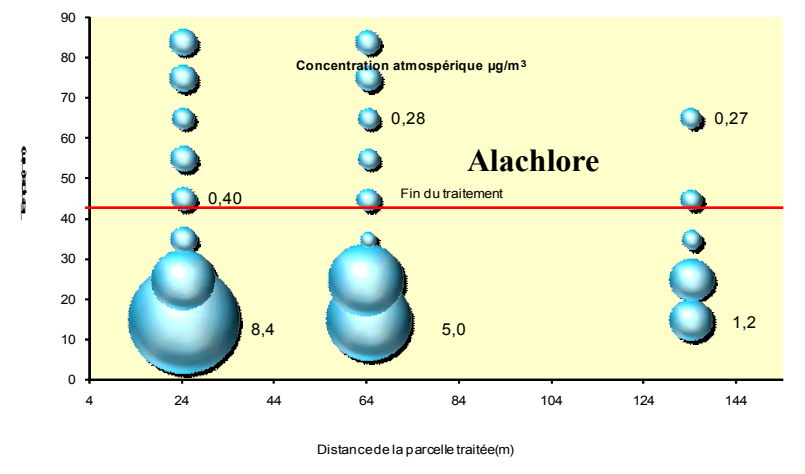
nous présentera ensuite une analyse critique des méthodes d'évaluation des conséquences sanitaires de l'exposition des professionnels et de la population générale aux produits phytosanitaires, sur la base des résultats de l'expertise collective de l'INSERM de 2013.



Exposition aux produits phytosanitaires

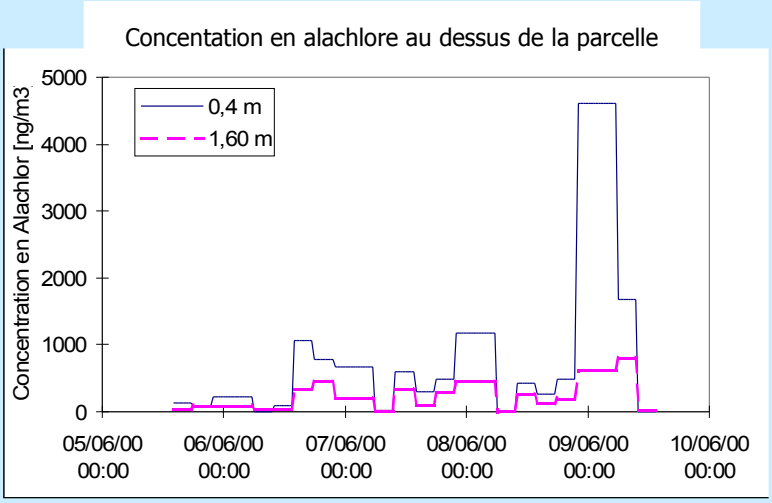
Transfert atmosphérique immédiat :

Contamination de l'air sous le vent d'une parcelle en fonction du temps écoulé depuis le début de l 'application et de la distance au bord du champ.



Exposition aux produits phytosanitaires

Transfert atmosphérique différé

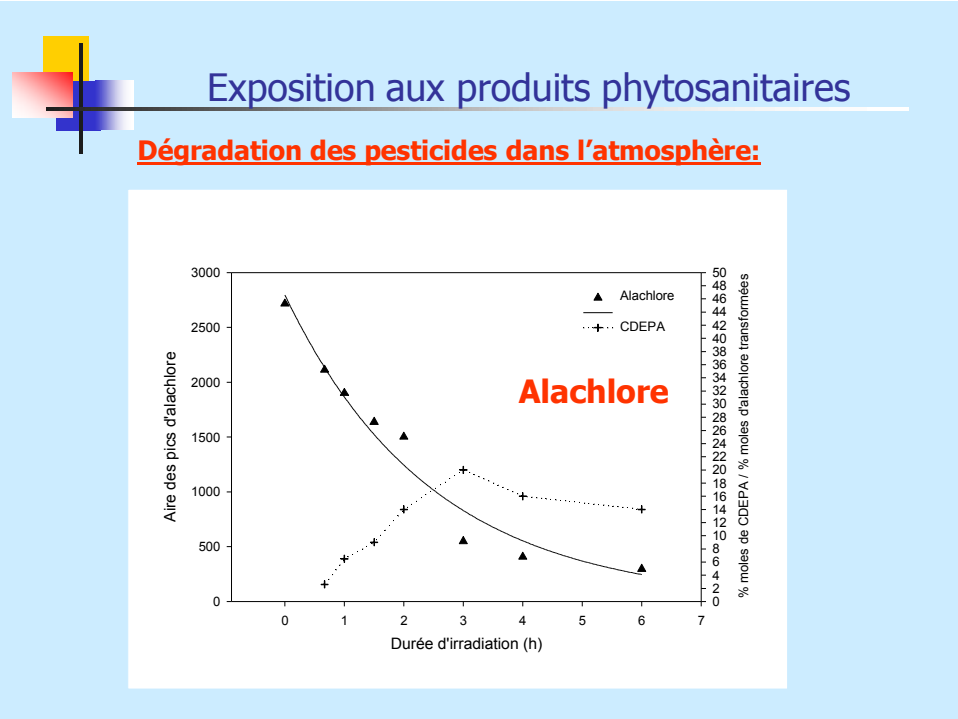


BRIAND O., MILLET M., BERTRAND F., CELLIER P., BEDOS C., SEUX R. (2003) Atmospheric concentrations and volatilization fluxes of two herbicides applied on maize. Fresenius Environmental Bulletin, 12,7, 675-679.

BRIAND O., SEUX R., MILLET M., CLEMENT M. (2002) Influence de la pluviométrie sur la contamination de l'atmosphère et des eaux de pluie par les pesticides. Revue des Sciences de l'Eau, 15/4, pp. 767-787

BRIAND O., MILLET M., BERTRAND F., CELLIER P., BEDOS C., SEUX R. (2003) Atmospheric concentrations and volatilization fluxes of two herbicides applied on maize. Fresenius Environmental Bulletin, 12,7, 675-679.

RAVIER I., HAOUISSEE E., CLÉMENT M., SEUX R & BRIAND O. (2005) Field Experiment for the evaluation of pesticide spray-drift on arable crops Pest Management Science 61 : pp 728-736



BRIAND O., MILLET M., BERTRAND F., CLEMENT M., SEUX R. (2002). Assessing atmospheric transfer of pesticides to the atmosphere during and after application. Development of a multiresidue method using Adsorption on tenax®/Thermal Desorption-GC/MS. Analytical and Bioanalytical Chemistry 374,848,857.

LE BOT B., COLLIAUX K., PELLE D., BRIENS C., SEUX R., CLEMENT M. (2002) –Optimization and performance evaluation of the analysis of glyphosate and AMPA inwater by HPLC with fluorescence detection. Chromatographia, 56, (3/4) 161-164.

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

L'évolution des substances utilisées pour protéger les cultures.

Focus sur les cinquante dernières années.

Jean-Louis BERNARD

Membre de l'Académie d'agriculture de France

L'emploi par l'homme de substances destinées à éloigner des cultures les organismes nuisibles est très ancienne. Dès l'Antiquité, on a ainsi reconnu le pouvoir insecticide des huiles, du sulfure d'arsenic ou des vapeurs de soufre. Certains extraits végétaux toxiques (scille, laurier rose...) étaient aussi employés comme rodenticides. Mais il n'existe pas d'utilisation régulière en agriculture avant le XVIIIe siècle, période où s'accroît l'usage de l'arsenic, de la chaux ou du salpêtre pour enrober les semences de blé avant le semis afin de prévenir la carie. Vers 1840, l'emploi de produits chimiques pour la défense des cultures se limite encore pour l'essentiel à la chaux vive, au soufre, au chlorure de sodium, à la décoction de tabac et aux sels d'arsenic, plus particulièrement en horticulture. Tout change après 1845, avec l'arrivée calamiteuse de fléaux inconnus auparavant: mildiou de la pomme de terre, oïdium, mildiou et phylloxéra de la vigne, doryphore de la pomme de terre et invention du désherbage sélectif des céréales. Vers 1935, la pharmacopée française est dominée par les sels de cuivre et le soufre comme fongicides, les composés arsenicaux, les dérivés du pétrole, de la houille, les goudrons, les savons, la nicotine et le pyrèthre comme insecticides. L'acide sulfurique à plus de 100 litres par hectare est l'herbicide le plus utilisé en Europe sur les céréales.

Tout change au sortir de la Seconde guerre mondiale où apparaissent les phytohormones de synthèse, les insecticides organochlorés (OC) et organophosphorés (OP) ainsi que les premiers fongicides de synthèse (thirame, zinèbe...). Dorénavant, tous les produits doivent recevoir avant leur mise en marché une homologation préalable des services de l'État, ce qui n'était pas la règle avant 1943. Ces innovations bouleversent les pratiques agricoles. En quinze ans, les nouveaux herbicides supplantent l'acide sulfurique si délicat à manipuler. Les phytohormones sont alors complétées par des triazines, des urées substituées, des toluidines... et bien d'autres désherbants.

La pharmacopée qui se met en place avant le milieu des années 1960 possède cependant ses propres inconvénients qui ne tardent pas à apparaître, en particulier ceux des OC en matière d'environnement ou la toxicité pour l'applicateur de certains OP. Ces constats entraînent dans les années 1970 une triple réorientation. A la fois celle de la recherche créative qui sélectionne des

molécules moins toxiques et plus facilement dégradables, celle des études préalables relevant de la toxicologie ou de l'écotoxicologie qui s'enrichissent considérablement mais aussi, des travaux relatifs à la manière dont ces substances pourraient être utilement employées afin de minimiser les risques. Dans ce dernier domaine, le concept de protection intégrée des cultures prend forme et commence à être mis en pratique par des horticulteurs éclairés. Les années 1970 voient aussi apparaître de nouveaux fongicides actifs à des doses/ha nettement plus faibles que les spécialités de synthèse antérieures, des insecticides innovants (pyréthrinoïdes, RCI...) ou des herbicides plus facilement biodégradables (aryloxyacides, sulfonylurées...). Bon nombre de produits contestables disparaissent, au premier rang desquels l'immense majorité des organochlorés.

Les années 1980 et 1990 voient se développer la chimie imitative où les laboratoires recherchent dans les substances naturelles de nouveaux sites d'action et un comportement dans le milieu plus facile à maîtriser. C'est l'époque de l'arrivée des médiateurs chimiques (ex : phéromones), du développement de l'emploi des auxiliaires dans les cultures sous abris, des typhlodromes dans les vignes et les vergers ou des trichogrammes dans le maïs. Le *Bacillus thuringiensis* est relancé par l'emploi de nouvelles souches et les premiers insecticides obtenus par des procédés de fermentation sont mis en marché et sont adoptés par l'agriculture biologique. Les fongicides récemment apparus sur céréales à paille (triazoles, morpholines) sont adopté par les agriculteurs et les filières de transformation. Les formulations et les emballages phytosanitaires se transforment: disparition des poudrages, extension des formulations liquides et des supports aqueux (suspensions concentrées...), mise au point de granulés dispersibles ou de gels solubles, des emballages faciles à éliminer (nouveaux cartons-papier...) ou recyclables (polyéthylène, PET...) et promotion de systèmes de collecte après usage.

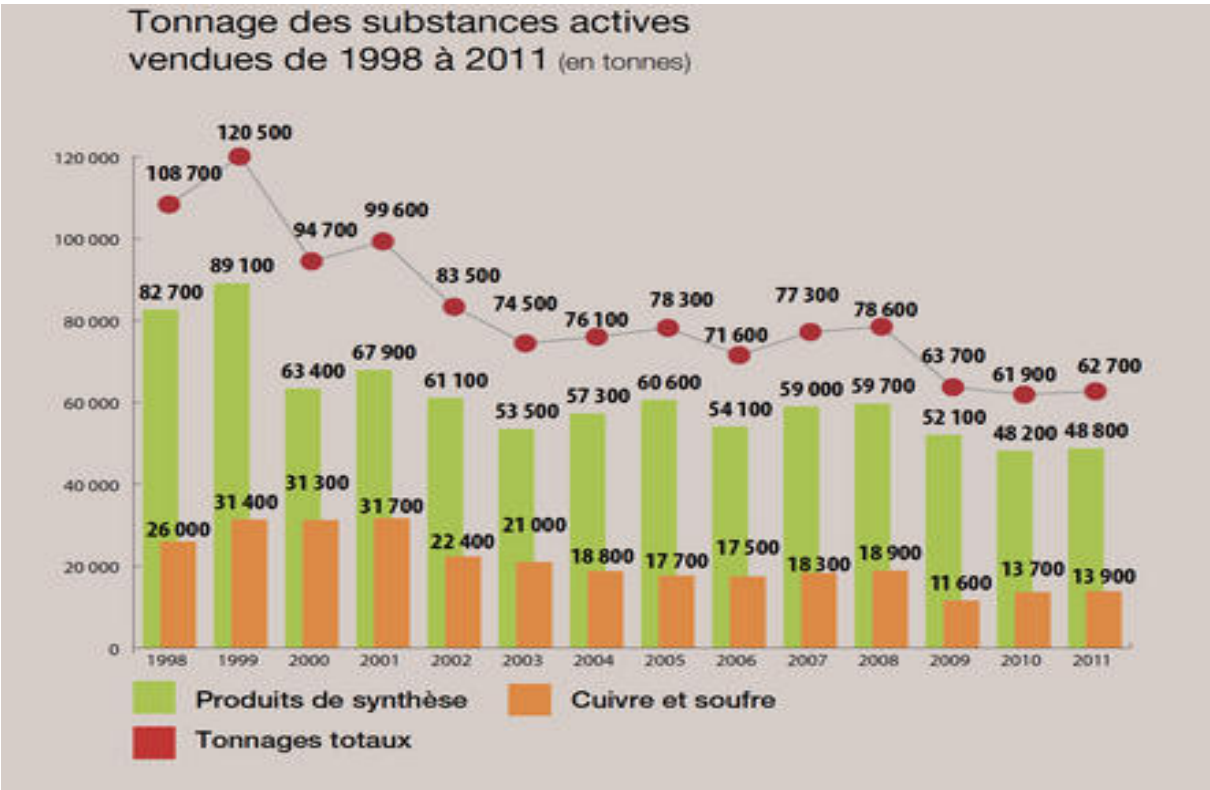
Le milieu des années 1990, c'est aussi la mise en œuvre de la directive européenne 91/414 qui vise à harmoniser l'ensemble des produits phytopharmaceutiques au sein de l'Union européenne, de même que les niveaux de résidus tolérés dans les denrées faisant l'objet du commerce entre les états-membres. Peu avant l'an 2000, le nombre des substances actives bénéficiant d'une AMM en France dépasse 470, atteignant alors son plus haut historique. Certaines de ces molécules ont des spectres larges, d'autres sont excessivement spécifiques et ne s'adressent qu'à des marchés étroits.

Les nouvelles règles de la directive 91/414 s'appliquent maintenant aux dossiers de révision et des dizaines de composés précédemment autorisés disparaissent de la vente. D'une part en raison de propriétés ne satisfaisant pas aux nouveaux critères en vigueur, d'autre part aussi pour des raisons économiques liées au coût de la procédure de réévaluation. C'est le cas de la plupart des triazines et d'une majorité d'urées substituées dans le monde des herbicides; de la plupart des benzimidazoles et des dicarboximides chez les fongicides; des derniers organochlorés (lindane) ou d'une écrasante proportion d'insecticides organophosphorés et carbamates. En parallèle, la recherche d'une amélioration de la qualité des eaux brutes conduit à hâter le retrait de bon nombre de composés anciens, mis en marché en leur temps avec des exigences moins strictes. Couplées aux nouvelles catégories d'usage apparues après 1990, ces disparitions laissent apparaître nombre d'usages dits «orphelins», tout particulièrement préjudiciables aux cultures spécialisées.

Cependant, la palette des produits disponibles qui se modifie en conséquence gagne en sécurité. Les principaux moyens de défense des cultures sont désormais des pyréthrinoïdes, des régulateurs de croissance d'insectes ou la pratique de la confusion sexuelle qui concerne désormais

des dizaines de milliers d'hectares cultivés, en particulier dans les vergers et dans les vignes. En matière de toxicité aiguë, alors que 80% des substances classées parmi les insecticides et les acaricides présentaient une DL50 orale inférieure à 1000 mg/kg en 1965, elles ne sont plus que 38% dans ce cas en 2015. Alors même que plus de 61% d'entre elles présentent cette même année une DL50 orale du même ordre que celle de l'aspirine ou du chlorure de sodium.

La pharmacopée française contemporaine apparaît comme extrêmement moderne. Pour contrebalancer l'action négative des adventices, des parasites et des ravageurs des plantes cultivées, l'index ACTA mentionne l'existence de 453 moyens de protection dûment autorisés en 2015. Sur ce total, 350 seulement sont des substances actives *sensu stricto*. Les deux seules catégories de moyens en progression numérique sont des agents de lutte vivants ou issus du vivant (auxiliaires, champignons, bactéries ou virus) ainsi que les adjuvants, catégorie en très forte progression. Cette même année, on peut constater que sur les 167 substances autorisées en 1970, 43 seulement demeurent sur le marché. Et parmi les moyens de protection dotés aujourd'hui d'une AMM, plus de 59% ont vu le jour après 1990.



source image : uipp.org

Protéger les plantes: enjeux et perspectives en grandes cultures

Nathalie VERJUX – Chef du service Protection intégrée des cultures, ARVALIS - Institut du végétal

Arvalis – l'agronomie au service des agriculteurs

ARVALIS - Institut du végétal est un institut de recherche appliquée dans le domaine des grandes cultures (céréales à paille, maïs, sorgho, pommes de terre, lin fibre, fourrages et tabac). Il vise à améliorer les méthodes de production afin de concilier performance économique, adaptation aux différents marchés et réduction des impacts environnementaux. Toutes les étapes de la production au stockage sont prises en compte, parmi lesquelles la protection des cultures contre les ravageurs, maladies ou adventices.

Des fortes nuisibilités

Selon les productions, entre dix et trente maladies ou ravageurs apparaissent particulièrement dommageables aux grandes cultures sur le territoire métropolitain auxquels il faut ajouter les adventices. Ces bio-agresseurs ont un impact négatif sur le rendement mais également sur la qualité des productions (qualité technologique, qualité sanitaire). Les adventices présentent également un impact négatif indirect par l'augmentation du stock semencier de la parcelle susceptible d'accroître les concurrences avec les cultures, ou par la présence d'adventices posant des problèmes de santé publique (ambroisie, datura, plantes relais pour l'ergot…).

A titre d'illustration, pour le blé tendre, culture qui couvre près de 5,2 millions d'hectares en France, le cortège de maladies foliaires provoque une perte moyenne de 1,7 t/ha soit environ 20% du rendement moyen en l'absence de protection (hors rouille jaune). Mais, selon les conditions climatiques de l'année, ce préjudice peut varier entre 0.8 t/ha et 3 t/ha. Sur cette culture la présence de fusariose (*Fusarium graminearum*) peut affecter fortement le rendement (jusqu'à 2 t/ha) mais surtout conduire à la production de mycotoxines de type DON. La présence d'ergot conduit au déclassement des lots pour l'alimentation. Les viroses transmises par les pucerons ou cicadelles à l'automne provoquent une réduction moyenne du rendement de 1.6 t/ha, mais des baisses pouvant atteindre 4t/ha ont déjà été mesurées.

Pour un agriculteur, protéger ses cultures est une nécessité quel que soit son mode de production. En grandes cultures, l'usage de produits phytopharmaceutiques reste la méthode majoritaire, en combinaison avec des techniques prophylactiques qui visent à freiner le développement du bio-agresseur. Mais ce type de pratiques est appelé à évoluer.

Un contexte réglementaire et technique qui se durcit

La mise en marché et l'usage des produits phytopharmaceutiques sont strictement encadrés. La réglementation européenne régit notamment les autorisations des substances actives, les limites de résidus dans l'alimentation et les bonnes pratiques pour une utilisation durable (1)(2)(3). Elle est en constante évolution. Ainsi, plusieurs mesures vont contribuer à réduire le nombre de solutions autorisées dans les prochaines années : critères d'exclusion comme le caractère perturbateur endocrinien, substances substituables par d'autres molécules ou des techniques alternatives, classification des métabolites, protection des abeilles, transfert dans l'air, etc… Comme pour tout état membre de l'UE, la France décide des autorisations de mise en marché selon les règles de la réglementation européenne. Mais la France se positionne sur une ligne restrictive pour ces délivrances et pour la définition des règles d'utilisation inscrites sur les étiquettes des produits ou définies dans la réglementation. Enfin, elle décide régulièrement d'interdictions qui lui sont propres (listes Grenelle, produits à base de glyphosate comportant le coformulant tallowamine, néonicotinoïdes…). Elle vise aussi la réduction de 50% des usages de produits phytopharmaceutiques d'ici 2025 selon les objectifs du Plan Ecophyto II.

Les résistances des maladies, ravageurs ou adventices vis à vis de l'usage de certains produits phytopharmaceutiques constituent un autre élément important du contexte, accentué par ailleurs par la réduction des solutions de protection. De même on constate l'augmentation du nombre ou de la nuisibilité des bio-agresseurs compte tenu du changement climatique ou de l'accroissement des échanges internationaux.

En conséquence, les besoins de protection ne fléchissent pas mais ils doivent tenir compte des restrictions prévisibles en matière d'usage ou de gamme de produits phytopharmaceutiques.

Quelles solutions pour protéger les cultures ?

Les principes de la **protection intégrée des cultures** prennent tout leur sens dans un tel contexte. Selon la Directive européenne sur l'utilisation durable des pesticides (3), la lutte intégrée vise à construire une boîte à outils permettant de combiner les méthodes prophylactiques, d'analyse de risques et de lutte directe, sans exclure une utilisation raisonnée des produits phytopharmaceutiques.

Nous pouvons retenir sept leviers contribuant à la lutte intégrée des cultures (figure 1) :

-Conduite culturale prophylactique (rotations, dates et densités de semis, ²fertilisation, gestion des résidus de la culture, hygiène des équipements, etc…) ;

-Génétique (variétés résistantes ou tolérantes) ;

-Auxiliaires naturels ;

-Caractérisation des risques (connaissance du bioagresseur et prévision de son développement) ;

-Lutte physique (mécanique, thermique, barrières physiques…) ;

-Lutte chimique raisonnée (utilisation de produits phytopharmaceutiques adaptés au niveau du risque et limitant les transferts dans l'environnement, pulvérisation de précision) ;

▪Bio-contrôle (produits utilisant les mécanismes naturels) et plantes-pièges (plantes attractives du ravageur).

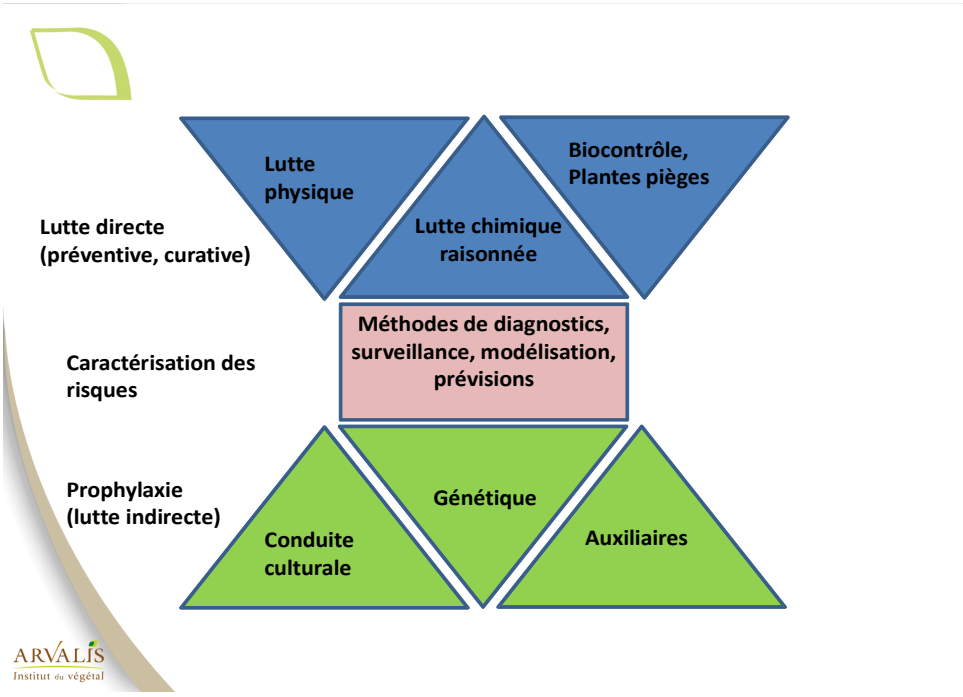
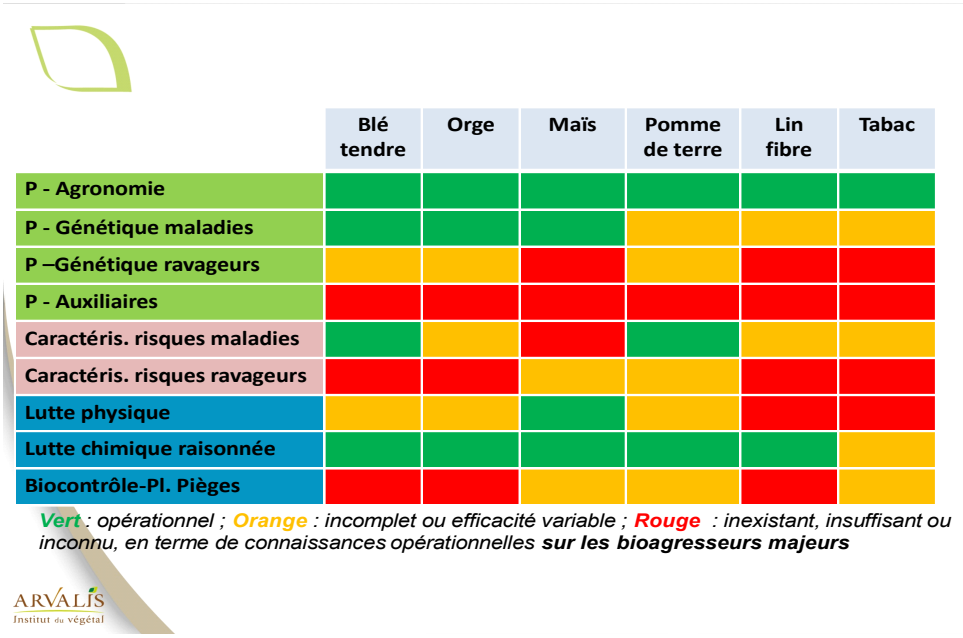


Figure 1: Les 7 leviers de la protection intégrée des cultures *(source : Arvalis)*

Cependant, nous sommes loin de disposer de telles méthodes, opérationnelles et économiquement rentables, pour toutes les cultures et bio-agresseurs des grandes cultures en France (figure 2).



	Blé tendre	Orge	Maïs	Pomme de terre	Lin fibre	Tabac
P - Agronomie						
P - Génétique maladies						
P –Génétique ravageurs						
P - Auxiliaires						
Caractéris. risques maladies						
Caractéris. risques ravageurs						
Lutte physique						
Lutte chimique raisonnée						
Biocontrôle-Pl. Pièges						

Vert : opérationnel ; Orange : incomplet ou efficacité variable ; Rouge : inexistant, insuffisant ou inconnu, en terme de connaissances opérationnelles ***sur les bioagresseurs majeurs***

Figure 2 : Disponibilités des différents leviers sur quelques grandes cultures en France (*source : Arvalis*).

Il convient de ne pas confondre « disponible » avec « efficace ». En effet des solutions peuvent être disponibles mais insuffisantes à elles seules pour lutter efficacement contre un bio-agresseur donné. Dans ce cas, il faut rechercher la combinaison de plusieurs leviers.

En reprenant l'exemple du blé tendre :

-l'amélioration génétique est effective sur les maladies fongiques mais encore balbutiante en matière de lutte contre les ravageurs ou les virus, sur la réceptivité aux éliciteurs, sur la connaissance du rôle du rhizobiote, sur la gestion des gènes de résistances à l'échelle du paysage pour réduire la vitesse de contournement des résistances variétales... ;

-la maîtrise des plantes de services ou des couverts permanents reste encore insuffisante ;

-il manque des modèles de prévision des risques opérationnels sur les ravageurs ;

-le désherbage mécanique est possible mais limité par le nombre de jours favorables, sur le plan climatique pour ce type d'intervention et les robots désherbeurs ne sont pas encore adaptés à cette culture ;

-les produits de bio-contrôle autorisés sont rares et aucune recherche n'est engagée sur la lutte biologique ou l'écologie microbienne.

Si certaines exploitations agricoles ont mis en place des systèmes de culture qui répondent dès aujourd'hui à une moindre dépendance aux produits phytopharmaceutiques, ils ne constituent pas pour autant les solutions clés en main, applicables à tous. Ainsi, le réseau DEPHY Fermes constitué de fermes volontaires et mis en place dans le cadre du Plan Ecophyto montre que les systèmes de grandes cultures ou de polyculture-élevage à bas niveau d'usage des produits phytopharmaceutiques et haut niveau de rentabilité sont possibles. Cependant ils sont caractérisés par des rotations plus longues, ou ont intégré des prairies temporaires ou du maïs et moins de cultures industrielles (comme la pomme de terre, la betterave ou les légumes de plein champ) dans leur rotation (4). Ces expériences, de même que les productions conduites en agriculture biologique, constituent des références utiles pour optimiser les modes de protection. Cependant, toutes les exploitations n'ont pas la capacité à modifier leur assolement dans les mêmes termes sans un fort déséquilibre des marchés et des prix alimentaires. D'autres solutions doivent encore être trouvées pour compléter la gamme des solutions de protection susceptibles de répondre à tous les environnements et objectifs des exploitations agricoles.

Loin des controverses, un fort besoin de recherche

La protection intégrée des cultures est incontournable. Elle progresse mais la recherche doit encore se montrer plus investie, audacieuse et unie pour relever le défi de la multi-performance (économie, environnement, société) accessible à toutes les exploitations, sans occulter leur grande variabilité et leur besoin de rentabilité.

(1) Règlement (CE) N+ 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise en marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil

(2) Règlement (CE) N°396/2005 du Parlement européen et du Conseil du 23 février 2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale.

(3) Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

(4) Réseau DEPHY Fermes. Synthèse des premiers résultats, filières grandes cultures et polyculture élevage. Février 2015

Utilisation des produits phytosanitaires en France: bilan synthétique des pratiques et de leurs évolutions

Laurence Guichard[1], Catherine Mignolet[2], Céline Schott[2]

[1] UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France

[2]Unité ASTER (Agro-Systèmes, Territoires, Ressources), 662 avenue Louis Buffet, 88500 MIRECOURT – France

L'utilisation des pesticides en agriculture, une pratique «dans le viseur»…

L'utilisation importante et généralisée des produits phytosanitaires en agriculture a aujourd'hui des conséquences qui ne peuvent plus être niées: apparition de résistances des bio-agresseurs et perte concomitante de l'efficacité des produits, effets délétères sur la santé des utilisateurs et sur l'environnement (CPP, 2002; Momas et al., 2004; Aubertot et al., 2005; Inserm, 2013). Ces éléments de contexte, largement partagés au niveau européen, se sont traduits par la volonté des pouvoirs publics de réduire l'utilisation de ces produits. Le gouvernement français a ainsi lancé en 2008 le plan "Ecophyto 2018", qui visait, à échéance de 10 ans, une réduction de l'usage des produits phytosanitaires de 50% "si possible", par rapport à la référence de consommation de la campagne 2008.

L'évolution des pratiques au regard des indicateurs QSA, NODU et IFT:

Trois principaux indicateurs sont aujourd'hui utilisés pour suivre l'évolution des utilisations de produits phytosanitaires en France: la Quantité de Substances Actives (QSA), le Nombre de Doses Unités (NODU) et l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT).

La QSA (Quantité de substances actives) est l'indicateur "historique". Largement utilisé en Europe, il évalue la consommation de pesticides par les quantités vendues sur un territoire (aujourd'hui déclarées annuellement par les distributeurs en France dans le cadre de la redevance pour pollution diffuse). Le tableau 1 retrace son évolution annuelle entre 2009 et 2015.

Tableau 1: évolution de la QSA entre 2010 et 2015 (Base nationale des ventes, MEDDE avril 2016 et février 2017)

Quantités de SA vendues	2010	2011	2012	2013	2014	2015
En tonnes	62 066	61351	63845	66674	75339	67930

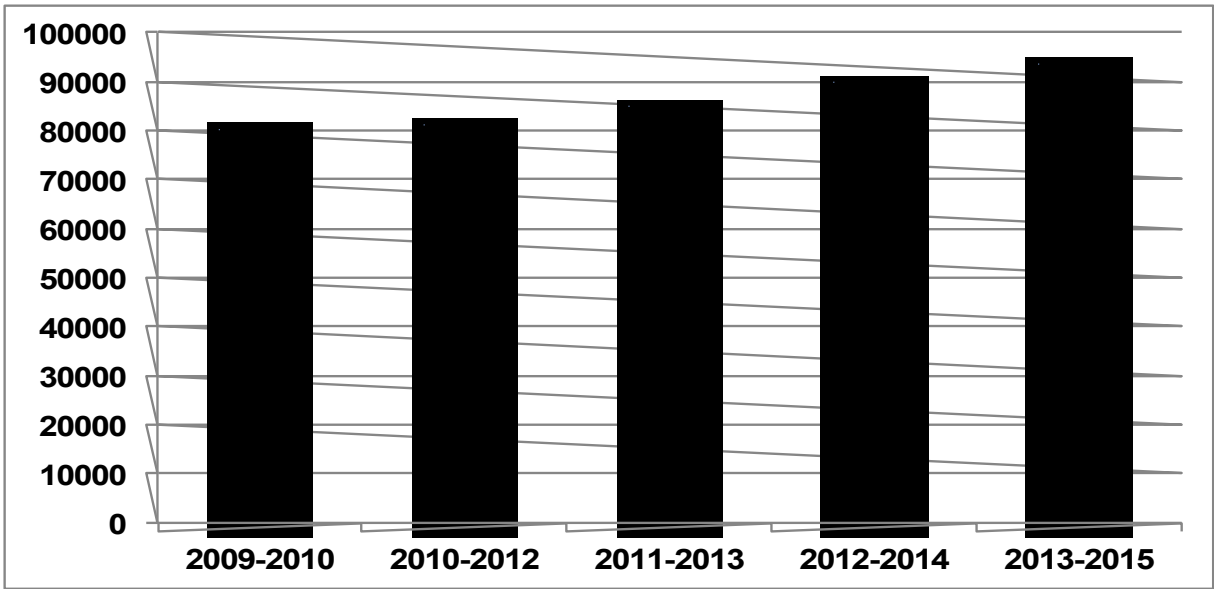
Au regard de ces chiffres, aucune diminution de la QSA n'est visible, alors même que l'on pourrait s'attendre à ce que le progrès des firmes dans la conception de nouvelles molécules moins pondéreuses contribue à sa diminution en dehors de toute évolution de pratiques.

2015 semble montrer un infléchissement après une période de progression globale de plus de 20% entre 2010 et 2014.

Le NODU (Nombre de doses unités) est l'indicateur «phare» du plan Ecophyto (DGAl, 2012). Il additionne des quantités de Substances Actives vendues, pondérées par leur dose «de référence» (dose unité propre à chaque SA). Cette technique de «normalisation» des SA permet de sommer des substances employées à des doses très différentes. Le NODU est calculé annuellement par les services de l'État, à l'échelle de la ferme France, à partir des déclarations annuelles des ventes de pesticides par les distributeurs.

Depuis 2009, le NODU montre également une progression globale de près de 17% en France .

Figure 1: évolution du NODU (moyenne glissante triennale) pour les usages agricoles, hors bio-contrôle et traitement de semences (source: Ecophyto, notes de suivi 2015 et 2016)

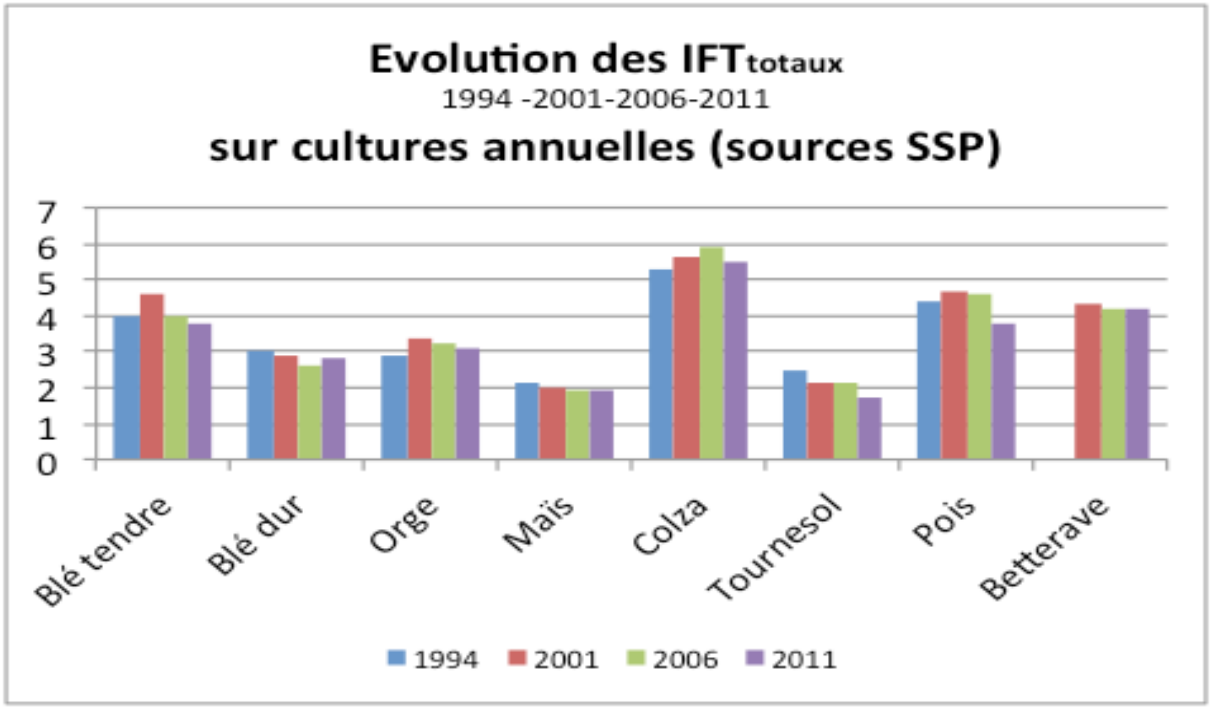


Cet indicateur présente l'intérêt d'être moins sujet que la QSA à des confusions d'effet, notamment liées à des substitutions de certaines substances actives par de nouvelles substances efficaces à des doses plus faibles du fait des progrès de la recherche des firmes phytopharmaceutiques. Le calcul d'une moyenne glissante sur 3 ans permet en outre de «lisser» la variabilité inter-annuelle des usages liées à des contextes particuliers (sur le plan climatique, de la pression de bio-agresseurs…) ou à des reports de stocks d'une année à l'autre. Les résultats confirment non seulement l'absence de diminution d'utilisation, mais montrent clairement une augmentation tendancielle depuis le démarrage du plan Ecophyto.

L'IFT (Indicateur de fréquence de traitement) est quant à lui calculé sur les pratiques déclarées des agriculteurs (et non sur les ventes comme les 2 précédents indicateurs). Adapté de l'indicateur danois (Gravesen, 2003), il permet d'évaluer le degré de dépendance des pratiques agricoles à l'utilisation de pesticides. Il est fondé sur une normalisation des produits commerciaux par leur dose d'homologation qui

permet de sommer dans un même programme des produits aux caractéristiques très différentes et ainsi éviter l'écueil de la QSA. Le point d'IFT s'interprète comme un "proxy" d'unité d'activité biocide. Une parcelle à 4 points d'IFT est considérée comme deux fois plus dépendante des pesticides qu'une parcelle à 2 points (le "besoin" de traiter est double). La figure 2 présente les résultats de l'IFT, calculé à partir des enquêtes «pratiques culturales Grandes Cultures » du SSP sur les campagnes 1994, 2001, 2006 et 2011.

Figure 2: évolution des IFT moyens totaux sur cultures annuelles (sources enquêtes pratiques culturales du SSP sur la période 1994-2011)



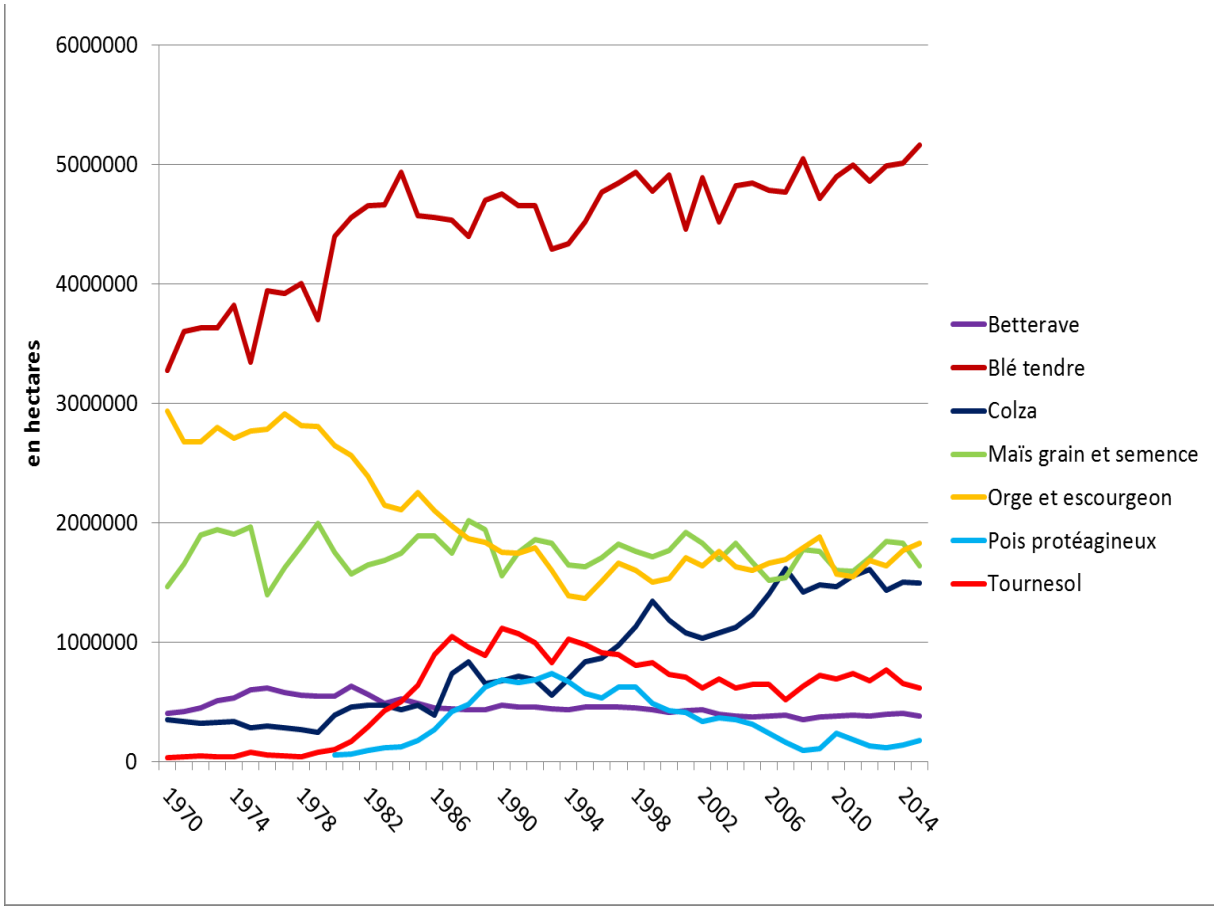
Calculé par culture, il permet de montrer la grande variabilité de l'IFT selon les cultures (ce que ne permet pas le NODU par exemple, qui est calculé à l'échelle du territoire). Cette variabilité s'explique assez facilement par le fait que les cultures ne sont pas soumises au même cortège de bio-agresseurs. Le colza apparaît ainsi comme la culture annuelle la plus dépendante des pesticides (IFT >5), contrairement au maïs ou au tournesol qui ont des IFT autour de 2. Mais surtout, ce calcul de l'IFT permet de pointer des évolutions potentielles du recours aux produits phytosanitaires au sein des mêmes cultures. Les résultats présentés ici montrent que ces évolutions restent très ténues: hormis sur tournesol et pois qui semblent montrer un infléchissement sur la dernière période d'enquête, aucune évolution notable n'est visible sur les autres cultures sur les 4 campagnes d'enquêtes (soit sur une période de 15 ans).

QSA, NODU et IFT sont trois indicateurs de pression d'usage qui diffèrent par leur mode de calcul et les données utilisées pour les calculer (données de vente versus données de pratiques). En dépit de leurs différences intrinsèques, ils pointent tous une absence de diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires en France sur une chronique de 5 à 20 ans selon les indicateurs. L'échelle de calcul (France entière) masque évidemment des changements plus locaux qui peuvent exister ponctuellement. Mais ces changements restent trop ténus et localisés pour infléchir des données statistiques.

Évolution des assolements et des systèmes de culture: une simplification à l'œuvre

Depuis les années 1970, les dynamiques agricoles à l'œuvre ont conduit à de profonds changements agricoles tant dans les usages des sols que dans certains choix techniques.

Figure 3: évolution des surfaces des principales cultures en France, de 1970 à 2015
(source SAA, Agreste)

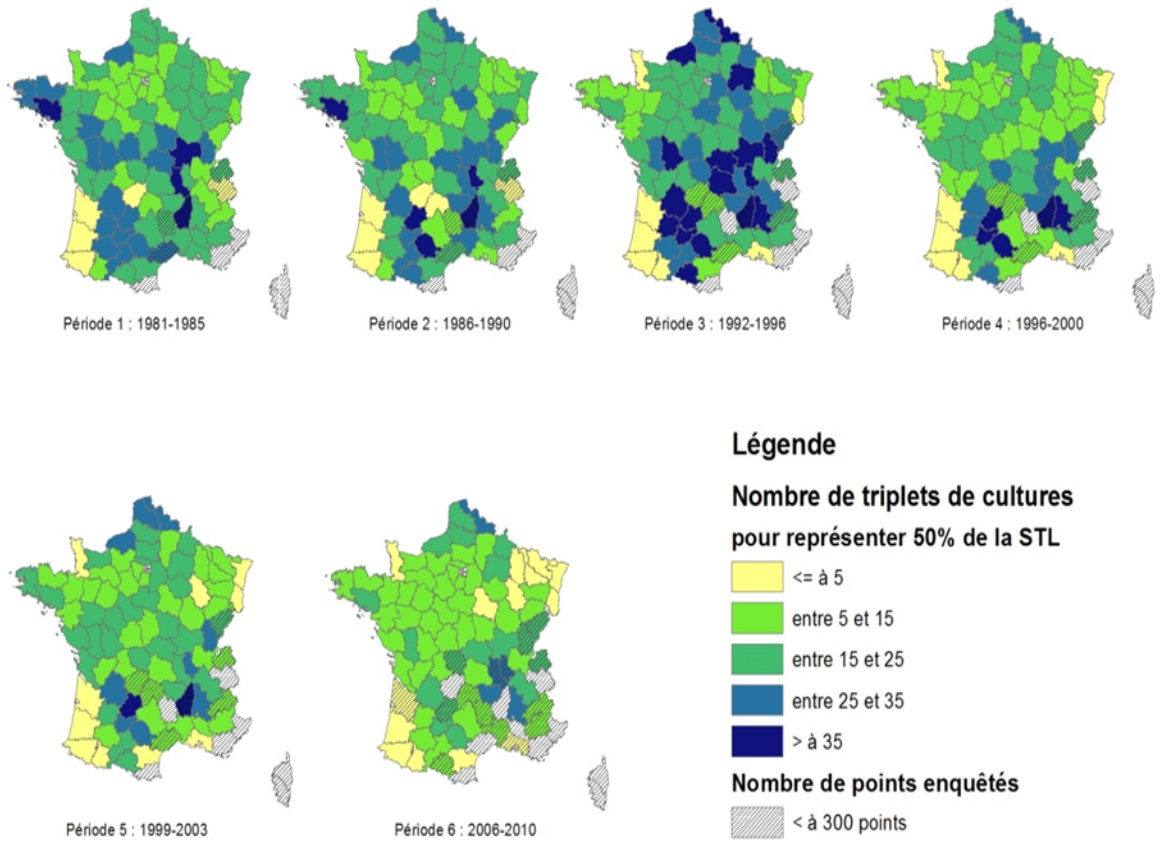


L'analyse des données SAA sur la période 1970-2015 (Figure 3) montre que l'assolement français est caractérisé par une augmentation constante des surfaces en blé (sur une large partie du territoire français, en particulier dans toute la moitié nord) et un développement spectaculaire des surfaces en colza à partir des années 1980, au détriment des prairies permanentes et des espèces végétales liées à la polyculture élevage (luzerne, orge d'hiver) (Mignolet et al. 2013). Dans les années 2000, le colza devient même la principale culture tête de rotation dans de nombreuses régions agricoles françaises: il «profite» de la diminution des surfaces en pois protéagineux (liée notamment à l'irrégularité des rendements et à des problèmes phytosanitaires) et du tournesol dans une moindre mesure.

L'analyse des données Teruti et Teruti-Lucas sur la période 1981-2010 montre qu'après une période de diversification des cultures (développement de nouvelles têtes de rotation comme le pois, le tournesol, le colza, apparition de la jachère) et des successions de cultures jusqu'au milieu des années 90, on assiste ensuite à une simplification des successions de cultures représentées par le nombre de triplets de cultures nécessaires pour atteindre 50% de la Surface en Terres Labourables (de l'ordre de 50 triplets en 1992-1996 à seulement 20 en 2006-2010).

Figure 4: Évolution du nombre de triplets de cultures représentant 50% des surfaces en terres labourables par sous-période de 5 ans depuis 1981 en France et par département -

Sources : enquête Teruti et Teruti-Lucas



Ces changements assez profonds d'assolement et la réduction concomitante du nombre d'espèces cultivées (Mignolet et al., 2007; Schott, 2010) s'accompagnent d'une simplification des successions de cultures au sein desquelles progressent les successions avec délais de retour courts entre les mêmes espèces végétales (figure 5). Les successions céréalières (blé-blé-blé et blé-blé-orge) sont aussi en augmentation sur la décennie 1990.

Par ailleurs, la simplification du travail du sol s'est largement développée ces dernières années (surtout après la réforme de la PAC de 1992), pour des raisons majoritairement économiques (Figure 6): supprimer le travail du sol est une solution qui permet de travailler plus de surface avec moins de main-d'œuvre, problématique majeure des exploitations qui s'agrandissent.

Figure 5 : Évolution des surfaces en colza-blé-colza-blé en France (en % des terres labourables)
Source : enquêtes Teruti et Teruti-Lucas

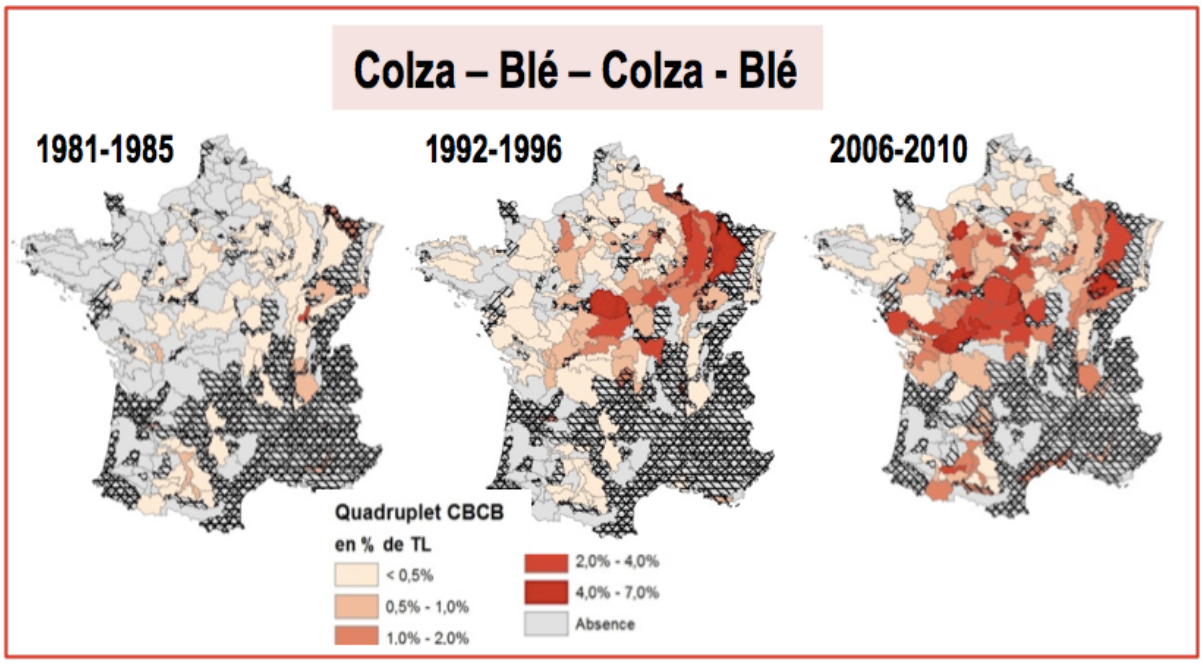


Figure 6: Évolution du non-labour en France entre 1994 et 2011 par culture en % de surface – Source : enquête «Pratiques Culturales sur grandes cultures» 1994, 2001, 2006 et 2011.

Schmidt et al. (2010) montrent, par exemple, à partir des données des enquêtes «pratiques culturales 2006» du SSP, que les situations de rotations courtes avec colza où le labour est rare (et le colza lui-même implanté sans labour) sont les systèmes où la dépendance aux produits phytopharmaceutiques (et notamment aux herbicides) est la plus forte.

Des évolutions qui rendent difficiles les réductions d'usage de produits phytosanitaires

La diminution du nombre d'espèces cultivées et le raccourcissement des rotations observés depuis le milieu des années 1990 accroissent le risque d'adventices, de parasites et de maladies des cultures, et ne sont rendus possibles que par l'usage important de produits phytosanitaires.

La suppression du labour, réalisée en dehors de toute logique agroécologique (associant couverture permanente du sol et rotation diversifiée), est en augmentation et conduit à une augmentation de la consommation d'herbicides.

Ces deux évolutions majeures de l'agriculture expliquent que les produits phytosanitaires sont encore aujourd'hui majoritairement considérés comme la clef de voûte du système agricole: efficaces sur les organismes qu'ils visent (tant que ceux-ci n'ont pas développé de résistances…), peu coûteux pour les agriculteurs, simples et rapides de mise en œuvre, ils ont permis le développement de systèmes techniques intensifs (maximisant la production agricole) et simplifiés (s'affranchissant de «règles agronomiques» de base), conduisant à une augmentation des risques de développement de bio-agresseurs, et les rendant donc largement (et logiquement) dépendants de leur utilisation.

Références bibliographiques

Aubertot JN, Barbier JM, Carpentier A, Gril JJ, Guichard L, Lucas S et al. 2005. Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France) 64p. Disponible sur http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/234150-6a298-resource-expertise-pesticides-synthese.html

Comité de la Prévention et de la Précaution. 2002. Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 47p. Disponible sur

http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapportspublics/024000113.pdf

DGAl, 2012.Le NODU, Nombre de Doses Unités, disponible sur

http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents//Methode_Le_NODU_cle0c4d14.pdf

Ecophyto, note de suivi 2016. Disponible en téléchargement sur http://agriculture.gouv.fr/telecharger/83649?token=2d0e46e55db04a330235207449e2101f

Gravesen L. 2003. Reducing Pesticide Dependency in Europe to Protect Health, Environment and Biodiversity. PAN (Pesticide Action Network) Europe, Pure Conference 2003, Copenhagen.

INSERM (2013) Pesticides. Effets sur la santé. Inserm, Collection expertise collective, Paris.

Mignolet C., 2013. Changements d'usage des terres par l'agriculture en France depuis les années 70 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures, CR de l'académie d'agriculture, volume 99 n° 4, p 140-141.

Mignolet C., Schott C., Benoît M., Meynard J.-M., 2012. Transformation des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. Innovations Agronomiques, 22, 1-16.

Mignolet C., Schott C., Benoît M., 2007. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin : Methods for agronomic approaches on a regional scale. Science of the Total Environment 375 (1-3 (n.sp.) Human activity and material fluxes in a regional river basin: the Seine River watershed - Seine Special Issue), 13-32.

Momas I, Caillard JF, Lesaffre B. 2004. Rapport de la Commission d'orientation du Plan national santé-environnement. 252 p. Disponible sur http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/044000068.pdf

Schmidt A., Guichard L., Reau R., 2010. Le colza est très dépendant des pesticides dans les rotations courtes sans labour. Agreste Synthèses 121, 7 pages. http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_synthese1211008.pdf

Schott C., Mignolet C., Meynard J.M., 2010. Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine. OCL Oléagineux Corps Gras Lipides 17 (5), 276-291.

Impacts des pratiques sur la contamination environnementale

Bedos[1] C., Ruelle[2] B., Barriuso[1] E.

[1]UMR ECOSYS INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France
[2]UMR ITAP IRSTEA, 34196 Montpellier, France

I Contexte sur le niveau de contamination de l'air (du sol)

L'utilisation des produits phytopharmaceutiques en agriculture engendre une contamination par ces produits des compartiments environnementaux que sont le sol, l'air et les eaux de surface et profondes. La contamination des eaux est relativement bien documentée (CGDD 2016) et bénéficie d'un suivi continu à l'échelle nationale. Le présent document se focalise sur la contamination des sols et de l'atmosphère, qui ont fait l'objet de préoccupations plus récentes.

La contamination de l'air par les substances actives est avérée, avec des niveaux de concentrations fortement dépendant des composés, de la distance à la source et de la période d'application. En effet, le compartiment atmosphérique présente la particularité de favoriser la dispersion des polluants sur des échelles spatiales allant de l'échelle locale à l'échelle planétaire, la distance réellement parcourue étant fonction de la persistance atmosphérique des composés. Ainsi, les niveaux de concentrations observés varient de quelques pg/m^3 à quelques µg/m^3 au niveau des parcelles traitées pour les composés détectés. Tout type de substances actives est détecté dans l'air (AIRPARIF, 2016), contrairement à la fréquence de détection dans l'eau où ce sont principalement les herbicides qui sont détectés aux fréquences les plus élevées.

Quant au sol, il est difficile de parler de contamination, sauf dans le cas des produits persistants (par exemple, chlordécone, lindane). L'évaluation de l'état de la contamination des sols par les produits phytosanitaires est complexe au regard de sa forte hétérogénéité spatiale et temporelle. Des informations sont toutefois disponibles sur des sites ponctuellement échantillonnés ou pour quelques composés, par exemple le lindane (Orton et al., 2013).

Nous présentons ci-dessous les voies de contamination du compartiment atmosphérique ainsi que les facteurs les conditionnant, puis les verrous de connaissances actuels. Nous nous attacherons ensuite à présenter les leviers d'action identifiés pour limiter ces pertes ainsi que les conséquences attendues de l'évolution des pratiques sur la contamination de l'atmosphère.

II Voies de contamination et facteurs influents

II-1 Rôle du sol dans la contamination environnementale

La présence des produits phytosanitaires dans les sols est une conséquence directe de leur utilisation, au moins pour les produits de traitement appliqués directement au sol. La notion de contamination ne peut pas être uniquement associée à leur présence, mais plutôt à la notion des niveaux de concentrations, très fluctuantes dans le temps et directement dépendants de leur biodégradabilité dans les sols, qui va réguler leur persistance et les risques d'accumulation associés. En revanche, le sol joue un rôle central dans la régulation des contaminations environnementales par les produits phytosanitaire car ce sont les processus de dégradation et de rétention qui ont lieu dans le sol qui vont conditionner la disponibilité des produits phytosanitaires et de leurs produits de dégradation pour être transférés vers les autres compartimentes (eaux, air, récoltes). La contribution directe des sols agricoles aux voies d'exposition des populations sont quantitativement très réduites se limitant aux cas d'ingestion directe et l'absorption cutanée des sols ayant été traités avec des produits phytosanitaires. En revanche, les sols sont potentiellement impliqués dans des voies de contamination indirecte au travers de l'absorption par les cultures des produits présents dans les sols et les transferts vers les eaux (souterraines et de surface) et vers l'atmosphère (volatilisation post-application des produits présents dans les sols).

II-2 Processus de transfert vers l'atmosphère

Les substances actives utilisées en agriculture peuvent être transférées vers l'atmosphère:

-pendant l'application par dérive des gouttelettes de pulvérisation ;

-en post–application par volatilisation depuis la surface traitée (sol ou plante) ou par érosion éolienne, cette dernière voie étant considérée comme minoritaire dans le contexte pédoclimatique français (à noter cependant que peu d'études ont porté sur son évaluation).

Une fois émis dans l'atmosphère, les composés peuvent se dégrader chimiquement, se répartir entre la phase gazeuse et particulaire (ce qui modifie leur réactivité chimique ainsi que leur potentiel de dépôt) et se déposer au sol (ou sur la végétation ou les surfaces aquatiques) par voie humide ou sèche. Les niveaux de concentration observés dans l'air dépendent donc de l'ensemble de cette chaîne de processus ce qui se traduit par des niveaux d'exposition variables selon les populations concernées (professionnels versus riverain ou population générale).

Les diverses études menées ont permis d'identifier les principaux facteurs influençant les voies de transfert vers l'atmosphère. Pour la dérive, il s'agit 1) des technologies de pulvérisation (type de buses, type de pulvérisateurs…), 2) des pratiques d'utilisation, variables en fonction des cultures et des bio-agresseurs ciblés, 3) des conditions météorologiques, et 4) des caractéristiques de la bouillie (substance active, formulation, adjuvants…). Pour la volatilisation, il s'agit des 1) caractéristiques physico-chimiques de la substance active (et de la formulation), 2) des pratiques agricoles, 3) des propriétés des surfaces (sol et couvert végétal), et 4) des conditions météorologiques (Figure 1).

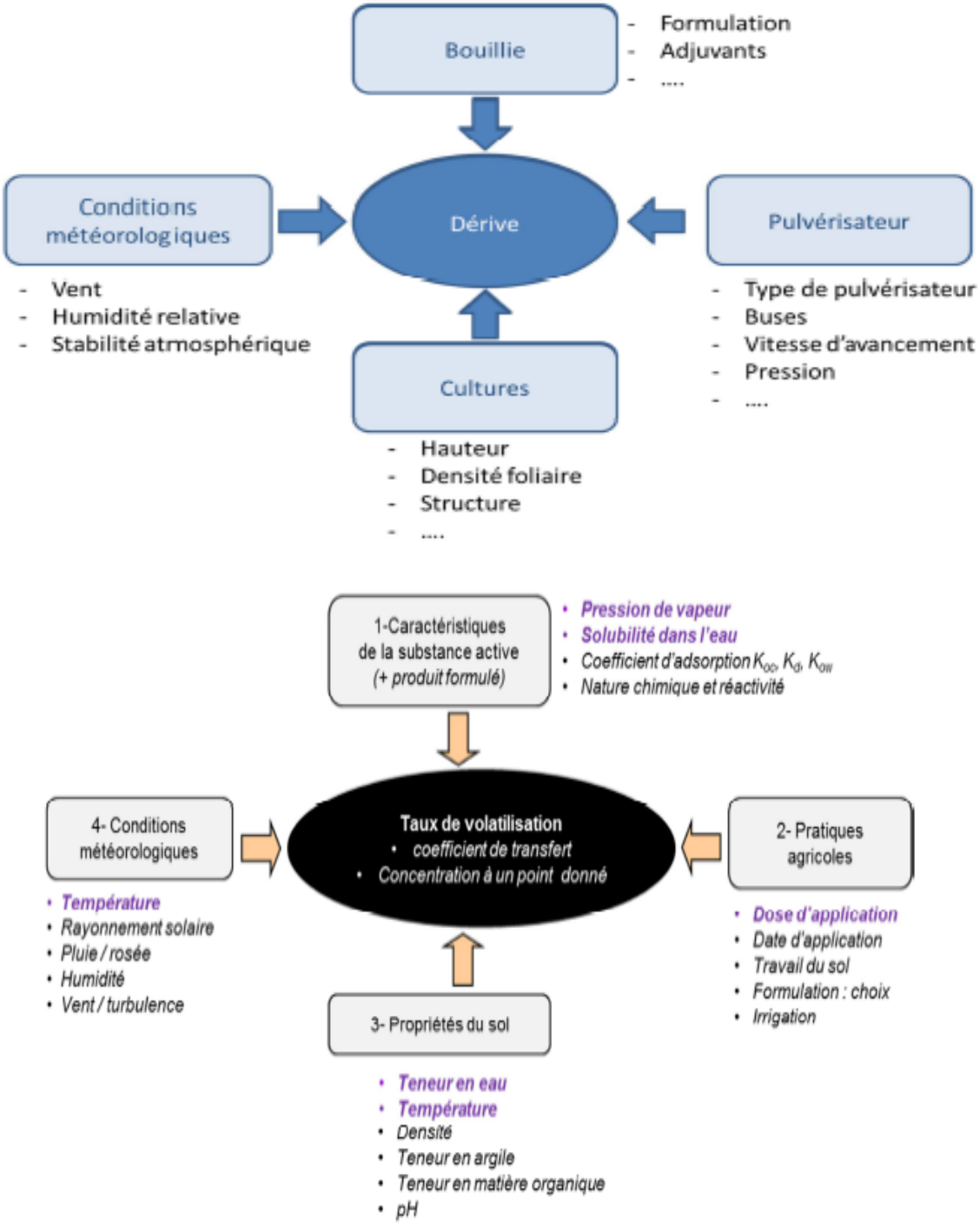


Figure 1 : Facteurs influençant les voies de transfert vers l'atmosphère (au-dessus) par dérive et (au-dessous) par volatilisation (Guiral et al., 2016).

II-3 Verrous de connaissances

La synthèse bibliographique récente menée sur les facteurs d'émission de produits phytopharmaceutiques vers l'atmosphère et sur les méthodologies à mettre en œuvre pour obtenir ces facteurs d'émission a permis d'identifier les verrous actuels de connaissances sur chacune de ces voies de transferts (Guiral et al., 2016 ; Basset-Mens, 2016).

La dérive sédimentaire (correspondant à la fraction de gouttelettes de pulvérisation transportées par le vent au moment de l'application qui se dépose en aval de la parcelle traitée à l'échelle locale) a fait l'objet de nombreuses études, notamment afin d'évaluer la contamination d'écosystèmes non cibles tels que les eaux de surfaces par les substances actives utilisées. En revanche, la quantification de la dérive aérienne (qui comprend la dérive sédimentaire mais également la fraction de gouttelettes transportées à plus longue distance et persistant ainsi dans l'atmosphère plus longtemps) est beaucoup plus incertaine, elle a fait l'objet de peu de travaux de recherche. Nous pouvons noter également que des verrous de connaissances et méthodologiques forts subsistent pour la caractérisation des flux au niveau du pulvérisateur, pour l'évaporation de l'eau de la gouttelette (calculée pour l'instant pour une gouttelette constituée uniquement d'eau, sans prise en compte de la formulation) et encore plus de la volatilisation de la substance active de la gouttelette.

De même, si comme indiqué plus haut, les facteurs clefs gouvernant les pertes par volatilisation sont identifiés, les effets combinés de ces facteurs restent parfois encore difficiles à décrire quantitativement (température et humidité du sol par exemple), ainsi que les processus en compétition avec la volatilisation (interaction substances actives – surface foliaire par exemple). Une incertitude significative dans la prédiction des émissions par volatilisation porte également sur les incertitudes portant sur les caractéristiques physico-chimiques des substances mais également sur l'effet des formulations sur le comportement des substances actives. A noter que peu d'études portent sur le comportement des produits de transformation des substances actives.

Enfin, en ce qui concerne les DOM et les contextes tropicaux en général, la diversité des pratiques en cours et leur spécificité (par exemple, applications manuelles avec des pulvérisateurs à dos sur de petites surfaces) nécessitent sans aucun doute le développement de connaissances et d'outils adaptés à ces contextes (Basset-Mens, 2016).

II-4 Leviers d'action

Les facteurs influençant la dérive et la volatilisation n'étant pas de même nature (Figure 1), il est clair que les leviers d'action pour limiter la dérive et ceux pour limiter la volatilisation vont différer, mis à part un premier levier commun qui consiste à diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires et donc la dépendance de l'agriculture à ce type de solution pour la protection des cultures.

Des pistes de limitation de la dérive portent sur 1) l'utilisation d'agroéquipements performants : type de pulvérisateurs, buses anti-dérive, … 2) l'ajout dans certains cas d'adjuvants permettant de limiter les phénomènes de dérive … 3) la prise en compte des conditions météorologiques pendant l'application (vitesse du vent, température, hygrométrie) 4) lors des applications la mise en œuvre de bonnes pratiques : nombre de rangs traités par passage en viticulture, hauteur de rampe et vitesse d'avancement du tracteur en grandes cultures ….

En post-application, l'effet combiné des facteurs identifiés en Figure 1 rend complexe les préconisations. On peut toutefois citer l'efficacité de l'incorporation au sol des produits appliqués sur sol nu, la recherche d'optimisation de l'interception des pulvérisations par le couvert (qui peut permettre in fine de diminuer les doses, Robert et al., 2015) ou le choix de la formulation.

A noter également les possibilités d'aménagement du paysage (en termes de haies en bordure de champ par exemple) qui peuvent permettre de limiter la dispersion atmosphérique des produits émis soit par dérive, soit par volatilisation à partir d'une parcelle traitée.

II Évolution des pratiques et conséquences sur la contamination de l'air

Au vu des facteurs influençant les émissions de produits phytopharmaceutiques vers l'atmosphère, il est clair que toute modification des pratiques est susceptible d'engendrer une modification de ces émissions. Cela peut être directement, comme par exemple l'augmentation de l'usage des herbicides en semis direct qui peut générer une augmentation de la contamination des milieux (qui doit être évaluée en termes d'impact en lien avec l'(éco)toxicité des produits employés). La gestion des résidus de récolte, avec le développement de la couverture des sols par des mulch va modifier l'interception des produits appliqués différant leur arrivé au sol et modifiant la dynamique des émissions par volatilisation (Bedos et al., 2016).

En termes de modalités de traitements, les progrès technologiques (agroéquipements, agriculture de précision, agriculture numérique) en réduisant les pertes à l'application devraient permettre de réduire significativement l'utilisation des produits phytosanitaires, en particulier en cultures pérennes. En viticulture par exemple, si les applications, en début de végétation, sont réalisées avec un pulvérisateur bas de gamme, les pertes peuvent représenter 80% de la quantité pulvérisée (Sinfort et al 2009). L'utilisation de pulvérisateurs avec panneaux récupérateurs permet de réduire de 40% l'utilisation de produits phytosanitaires sur une saison. De même les traitements face par face au plus près de la végétation permettent de limiter les pertes et d'adapter la hauteur de traitement à la hauteur de la végétation (Codis et al 2015).

D'autres pratiques agronomiques sont promues pour réduire l'usage des produits phytosanitaires en modifiant les systèmes de culture, c'est le cas de la modification des rotations, souvent avec un rallongement, ou l'introduction de plusieurs espèces en association. Dans ces cas, il faut adapter la lutte contre les bio-agresseurs des cultures avec, si nécessaire, le recours à des produits phytosanitaires dont la modification de la nature des produits employés ou de la période pendant laquelle ils sont employés doit être analysé au cas par cas. Pour se faire, les approches de modélisation existantes, en prenant en compte les impacts environnementaux et sanitaires, et appuyés par des observations, sont d'une aide précieuse, moyennant le fait qu'ils soient adaptés à la description de l'ensemble de la rotation, la gestion des inter-cultures et l'ensemble des pratiques (Lammoglia, 2016).

Références:

AirParif, 2016. *Pesticides Des Villes, Pesticides Des Champs*; AirParif Actualité n°43, 16p.

Basset-Mens C., 2016. Emissions au champ de pesticides vers l'air en conditions tropicales : état de l'art et perspectives de recherche Rapport Ademe, 37p.

Bedos, C.; Alletto, L.; Durand, B.; Fanucci, O.; Brut, A.; Bourdat-Deschamps, M.; Giuliano, S.; Loubet, B.; Ceschia, E.; Benoit, P., 2016. Observed Volatilization Fluxes of S-Metolachlor and Benoxacor Applied on Soil with and without Crop Residues. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–12.

CGDD, 2016. Commissariat Général au Développement Durable. Repères. L'eau et les milieux aquatiques. Chiffres clés. Edition 2016. 60 p.

Codis S, Vergès A, Ruelle B, Hebrard O, Magnier J, Montegano P, Ribeyrolles X., 2015. EvaSprayViti : Une vigne artificielle pour l'optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture. Innovation Agronomique, 46, 27-37.

Guiral, C.; Bedos, C.; Ruelle, B.; Basset-Mens, C.; Douzals, J. P.; Cellier, P.; Barriuso, E., 2016. Les Émissions de Produits Phytopharmaceutiques Dans L'air. Facteurs D'émissions, Outils D'estimation Des Émissions, Évaluations Environnementales et Perspectives de Recherche – Synthèse. Ademe, 47p.

Présentation et analyse des facteurs d'exposition aux produits phytosanitaires des professionnels

Pr Isabelle BALDI, médecin épidémiologiste ISPED-Université de Bordeaux

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) s'est auto-saisie en 2011 pour conduire des travaux d'expertise collective visant à "identifier, évaluer et caractériser les expositions aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture afin de proposer des actions de réduction ciblées et proportionnées par des moyens de prévention". Dans son avis publié le 25 juillet 2016, elle présente ses recommandations.

Selon le recensement de l'agriculture de 2010, plus d'un million de personnes avaient une activité régulière en agriculture, auxquelles doivent être ajoutées plusieurs centaines de milliers de travailleurs non permanents ainsi que plusieurs dizaines de milliers de stagiaires. L'exposition aux pesticides concerne en priorité ces personnes mais aussi éventuellement leurs familles et les riverains des zones d'utilisation des pesticides. La réduction du recours aux pesticides afin de protéger l'environnement est régulièrement débattue. L' Anses montre que cette réduction est aussi un enjeu de santé professionnelle. Des études ont déjà révélé les liens entre les expositions aux pesticides et la sécurité sociale agricole a reconnu plus de 47 maladies chroniques d'origine professionnelle entre 2002 et 2010. Or, la connaissance et la mesure de l'exposition aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture souffrent d'un déficit de données en raison notamment de l'absence d'une organisation chargée de les centraliser et de les produire. En outre, la formation et le conseil autour de l'utilisation et de la réduction de pesticides ne permettent pas un niveau de sensibilisation suffisant. L' Anses rappelle que l'objectif explicite du code du travail est d'éviter les risques, en particulier par la suppression des dangers exposant des travailleurs. Dans ce cadre, elle souligne que la diminution du recours aux pesticides constitue un objectif en soi. Elle recommande la diminution de l'usage des pesticides afin de réduire les expositions à ces substances des personnes travaillant dans l'agriculture. Pour cela, la stratégie du plan Ecophyto doit être revue. Par ailleurs, l'Agence recommande notamment :

-de poursuivre au niveau européen les travaux et actions engagées pour harmoniser et faire évoluer l'évaluation des risques et des expositions dans la procédure de mise sur le marché des pesticides;

-de développer les travaux portant sur l'efficacité des équipements de protection;

-de renforcer, dans un cadre indépendant, les actions de conseil et de formation des utilisateurs de pesticides, notamment sur les dangers, les risques et la sécurité d'utilisation;

-d'améliorer les connaissances sur les expositions aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture.

Évaluation des dangers et des risques des substances actives et des préparations et produits phytopharmaceutiques dans le cadre de la mise sur le marché

Thierry MERCIER,
ANSES - Direction de l'évaluation des produits réglementés

AAF-EHESP 14 mars 2017

Procédures d'évaluation

Bases Règlementaires : Règlement (CE) N° 1107/2009

Substance(s) active(s)
Evaluation européenne par les EM et l'EFSA →

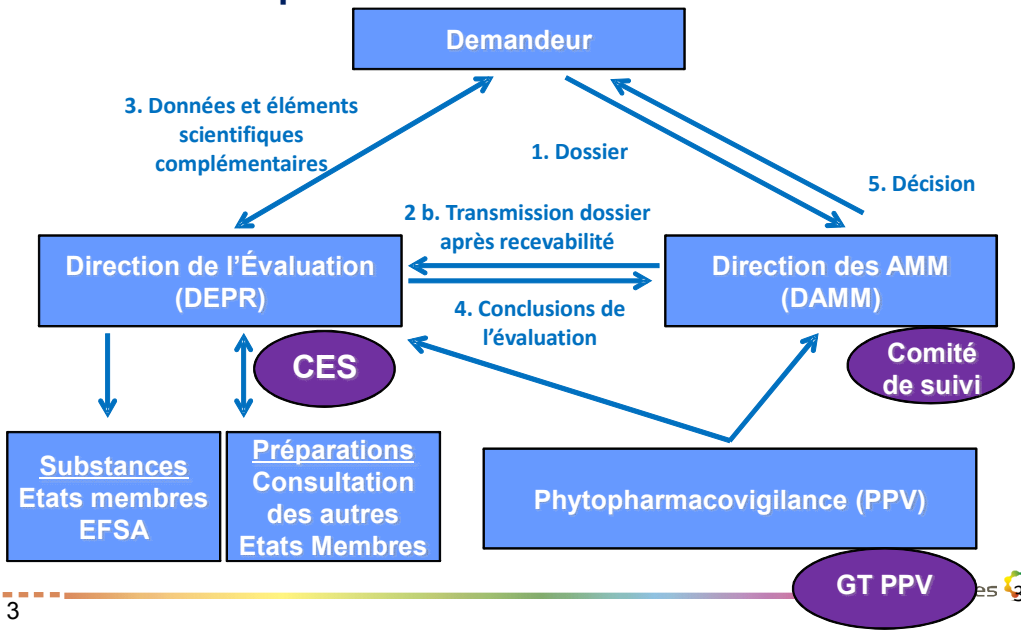
- Evaluation par un Etat membre
- Coordination et Conclusions par l'EFSA
- Commission (DG SANTE)
  Approbation par Règlement d'exécution conformément (CE) n° 1107/2009

et

Préparation (s) phytopharmaceutique (s) →
Evaluation zonale par les EM

- Evaluation zonale par les autorités/agences des EM (3 zones en Europe)
- Autorisation de mise sur le marché dans chaque État Membre

ANSES : évaluation collective et indépendance évaluation/décision



3

Référentiel de l'évaluation

Règlement (CE) n° 1107/2009 et les règlements associés

- **Informations requises :**
  - pour les substances actives et les préparations
- **Critères d'acceptabilité des risques et mesures de gestion** : règlement (UE) N°546/2011
- **Critères d'exclusion des substances lors de l'instruction**
  - CMR 1A ou 1B, Perturbateur Endocrinien, POP, PBT ou vPvB
- **Documents-guides** associés (amélioration continue de l'évaluation)

Référentiel de l'évaluation

- ✓ Règlement (CE) n° 396/2005 concernant les **limites maximales applicables aux résidus de pesticides** présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale
- ✓ Règlement (CE) n° 1272/2008 relatif à la **classification, à l'étiquetage et à l'emballage** des substances et des mélanges
- ✓ Autres

anses

Evaluation des substances actives

Informations requises pour décrire la substance active (**exigences**) :

- ✓ Identité chimique
- ✓ Méthodes d'analyse dans les milieux (animal, végétal, sol, eaux de surface, nappes souterraines)
- ✓ **Toxicité**
- ✓ Devenir dans les cultures traitées (métabolisme et résidus)
- ✓ Devenir dans l'environnement
- ✓ Ecotoxicité
- ✓ Information sur l'efficacité biologique
- ✓ Revue des données de la littérature

EVALUATION AU NIVEAU EUROPEEN : COORDINATION EFSA

anses

Evaluation des préparations

✓ **Evaluation pour chaque usage (culture, cible, dose) et des conditions d'emploi**

Evaluation des dangers et des risques

-Physico-chimie

-Risques pour l'opérateur, le travailleur, les personnes présentes et les résidents

-Risques pour le consommateur

-Devenir dans l'environnement

-Risques pour les organismes de l'environnement

-Evaluation de l'efficacité

anses

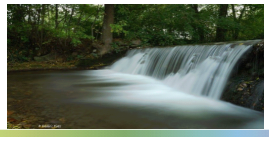
Evaluation des risques pour les PPP

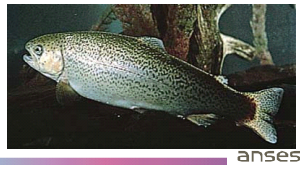
Expositions estimées ou mesurées sont comparées à des Valeurs de référence

Opérateur, travailleurs, personnes présentes, résidents

Consommateurs

Environnement, faune, flore





anses

Exemple : évaluation du risque des résidents

- Document guide de l'EFSA (2014)

- Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products (+ fichier de calcul)
  http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/3874

- L'EFSA note que :
  - les données disponibles permettant d'estimer les expositions des personnes présentes et résidents
  - sont limitées,
  - des données supplémentaires doivent être générées

anses

Exemple : évaluation du risque des résidents

- Estimation de l'exposition des résidents et des personnes présentes après application sur :
  - cultures basses (applications dirigées vers le bas - rampe de pulvérisation)
  - cultures hautes (applications dirigées vers le haut – pulvérisateur à jet porté)

- Prise en compte de données spécifiques (poids, surface corporelle, volume respiratoire, etc.)
  - pour les enfants et les adultes

- Différentes situations d'exposition
  - différents paramètres (ex: quantité appliquée, % de dérive, etc.)

anses

Exemple : évaluation du risque des résidents

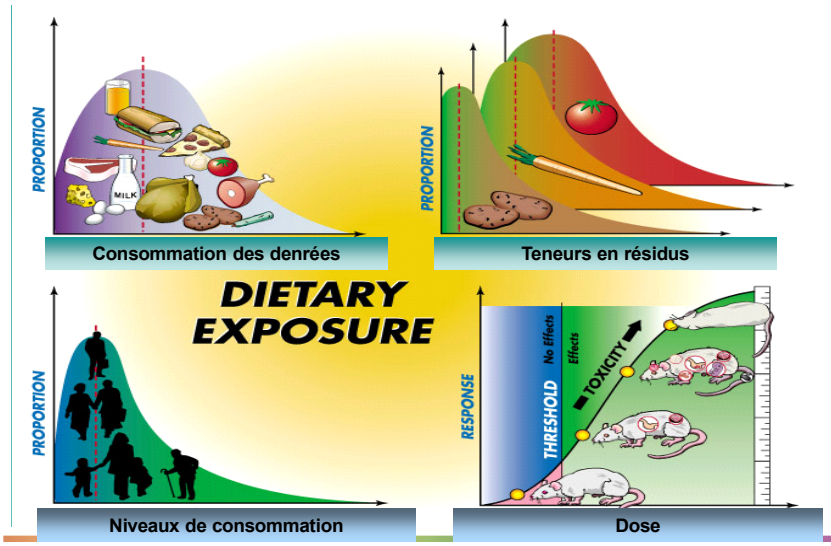
Quatre voies d'exposition considérées pour les résidents et les personnes présentes

- Dérive de pulvérisation lors de l'application - possibilité d'estimation à plusieurs distances
  - exposition par voie cutanée et par inhalation
- Vapeurs après l'application
  - exposition par inhalation
- Dépôts sur les surfaces après l'application
  - exposition par voie cutanée (adulte) et
  - exposition par voie cutanée et contact main/bouche et bouche/objet (enfants)
- Entrée dans les zones traitées
  - exposition par voie cutanée (adulte) et
  - exposition par voie cutanée et contact main/bouche et bouche/objet (enfants)

anses

Exemple : Evaluation des risques pour les consommateurs

Les composantes du risque pour les consommateurs



anses

Evaluation des risques pour les consommateurs

Etudes	Plantes	Animaux	Process	Rotation
1 - Métabolisme «QUALITATIF» ↓ Définitions résidu	**Métabolisme Plantes (5 groupes)**	**Métabolisme chèvre/poule**	Hydrolyse	Cultures de rotation
	dans la plante	**Produits animaux**	Produits transformés	Cultures suivantes
	Stabilité des résidus au stockage			
2 - Essais «QUANTITATIF» ↓ **Niveau de résidus attendus LMR**	**Essais résidus**	**Etude d'alimentation**	Etude de transfert	Etude de rotation
	Dans les plantes	**Dans les animaux**	Facteur de transfert	Dans les cultures suivantes
3 - Risque consommateur	**Exposition : niveaux de résidus x consommation** **< DJA (Risque Chronique)** **< ARfD (Risque aigu)**			

Modèle de consommation : Modèle EFSA PRIMO rev2

Le modèle EFSA n'est pas un nouveau modèle, mais une combinaison des modèles nationaux disponibles

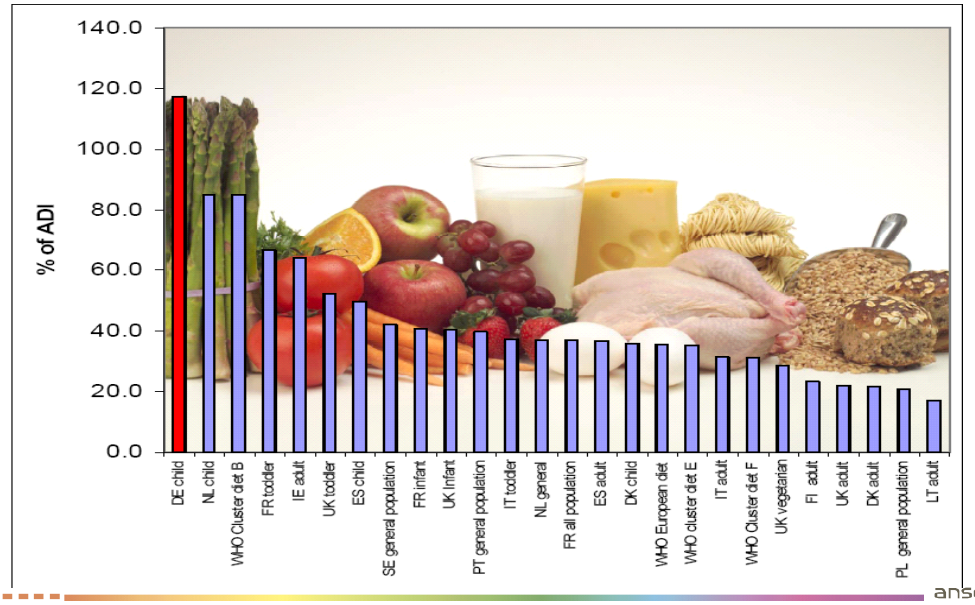
Remise à jour régulière prévue

- **26** régimes UE pour le **risque chronique**
  + 4 modèles OMS/FAO utilisant les consommations moyennes

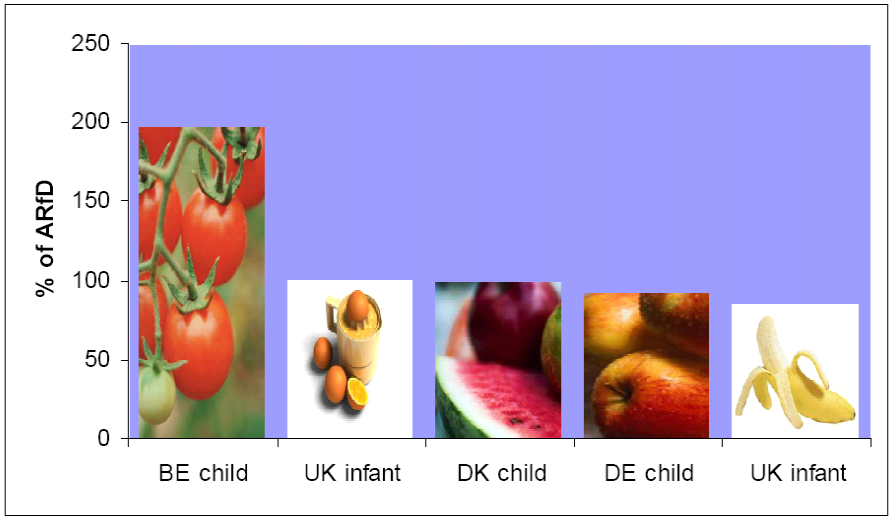
- **18** régimes pour le calcul du **risque aigu** : 8 enfants + 10 adultes

anses

RISQUE CHRONIQUE



RISQUE AIGU



Evaluation des risques pour les consommateurs

Structure d'une évaluation

1 – Métabolisme de la substance dans les denrées
Aspect «QUALITATIF»
↓
Définitions du résidu

2 – Essais
Aspect «QUANTITATIF»
↓
Niveau de résidus attendus
LMR

3 – Risque consommateur

Principales conclusions

- Tous les mélanges ne peuvent être testés individuellement.
- Nécessité d'une méthodologie sur la base du danger de chaque composé

- **Le concept d'additivité** (addition des doses DA) fournit une bonne approximation d'un effet mélange expérimentalement obtenu (Kortenkamp et al 2009 *State of the Art Report on Mixture Toxicity*). Hazard index, Relative Potency Factor,…

- Les interactions déviant de l'additivité : synergie et antagonisme
  - non attendues lors d'exposition faible dose (dose < NOAEL) ce qui est le cas de l'exposition aux pesticides via l'alimentation.

Méthodes d'estimation de l'exposition de la population générale et de l'identification des atteintes à la santé des enfants

Cécile Chevrier, IRSET-UMR 1085 Inserm

L'évaluation de l'exposition aux pesticides dans la population générale est particulièrement complexe. Les pesticides sont majoritairement utilisés en agriculture mais aussi par divers autres acteurs (industries, collectivités territoriales) ainsi qu'en usage domestique, en médecine humaine et vétérinaire. Il existe ainsi une variété de sources possibles d'exposition aux pesticides. Un grand nombre d'études a montré la présence de résidus de pesticides dans les eaux, l'air ambiant et l'alimentation, mais aussi l'environnement intérieur, exposant ainsi la population générale. Les voies d'exposition aux pesticides sont multiples par ingestion, inhalation ou contact cutané. Les pesticides comprennent un grand nombre de molécules (>500 substances actives autorisées en France en 2009) présentant des propriétés toxicologiques variées, et étant souvent présentes sous forme de mélanges. Les méthodes de mesure de l'exposition aux pesticides de la population générale, utilisées dans les approches épidémiologiques, sont diverses. Elles incluent nécessairement des compétences multidisciplinaires telles que la géographie avec l'usage d'images satellitaires et de système d'information géographique, ou la chimie analytique avec l'usage des **biomarqueurs d'exposition** qui ont l'avantage de pouvoir refléter diverses sources d'exposition. Ces estimations, appliquées à la population générale française, peuvent être affinées grâce à des initiatives nationales récentes, telles que l'Étude Alimentaire Totale (EAT, ANSES) et la Banque nationale des ventes des distributeurs.

L'intervention illustrera ces méthodes de mesures d'exposition en population générale avec les premiers résultats d'un projet en cours multi-partenaires (Projet POPEYE; PI.: C.Chevrier; Partenaires: Inserm, Anses, Santé Publique France, Ineris, Luxembourg Institute of Health, UPJV) dont l'un des objectifs est de décrire l'exposition aux pesticides des femmes enceintes de la cohorte nationale Elfe (n=18 300) et leurs déterminants.

L'**exposition alimentaire** aux résidus de pesticides des femmes de la cohorte nationale Elfe a été estimée pour les femmes ayant répondu au questionnaire alimentaire fréquentiel semi-quantitatif auto-administré à la maternité (n=14 099, 77%), et pour 317 substances actives (De Gavelle et al. 2016). L'exposition a été estimée en croisant des données de consommation des aliments issues du questionnaire avec les données de contamination des aliments issues des études de l'alimentation totale (EAT2 et EAT infantile) complétées par les résultats des plans de surveillance nationaux, selon deux scénarios (haut ou bas). Les substances pour lesquelles les apports journaliers estimés sont les plus élevés (sous l'hypothèse du scénario bas plus réaliste) sont l'imazalil (en moyenne: 0,23 µg/kg/j), le butoxide de piperonyl (0,20 µg/kg/j), le chlorprophame (0,19 µkg/j), le thiabendazole (0,18 µg/kg/j), l'iprodione (0,14 µg/kg/j) et la propargite (0,12 µg/kg/j). Sous le scénario bas, il existe une probabilité non nulle d'excéder la valeur toxicologique de référence (VTR) pour le lindane (2,4%) dont la source alimentaire principale proviendrait

de volaille. Sous le scénario haut, un risque n'a pas pu être écarté pour 9 autres substances. Un risque cumulé statistiquement significatif a été estimé pour les effets neurochimiques, en lien avec les niveaux mesurés de 3 insecticides organophosphorés (chlorpyriphos, pyrimiphos-méthyl and diméthoate) principalement détectés dans les fruits et les céréales (De Gavelle et al. 2016).

L'exposition liée aux **usages de produits-pesticides au domicile** a été estimée à partir de questionnaires interrogeant sur la présence des nuisibles et des moyens d'action adoptés (n=14 470 ménages). Un quart des ménages déclarait avoir utilisé pendant la grossesse au moins un produit pour lutter contre les insectes volants, dont la moitié avec un usage annuel répété (>3 fois/an). L'utilisation de produits-pesticides contre les insectes rampants a été en parallèle rapportée par 16% des ménages. Un total de 24% des ménages déclaraient un usage pendant la grossesse de produits-pesticides sur les plantes extérieures, 15% sur les arbres fruitiers et/ou potagers et 2% sur les plantes intérieures. Environ la moitié des ménages (56%) ont utilisé des produits contre les puces ou les tiques pendant la grossesse. Le spray et les diffuseurs électriques/non électriques, forme les plus exposantes, représentaient les formes d'utilisation majoritaire (85% pour les plantes extérieures; 89% pour la lutte contre les insectes volants).

La proximité des résidences des mères pendant la grossesse (n=16 718 adresses géo-codées avec une précision suffisante) **à des parcelles agricoles**, a été mesurée à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), du croisement des données spatialisées du projet européen Corine Land Cover (verger, vigne), et du Registre parcellaire graphique agricole (28 types de cultures). Près de la moitié des femmes de la cohorte nationale Elfe vivait à moins de 500 mètres (deux-tiers des femmes à moins de 1000 mètres) d'une parcelle agricole, à la date de la naissance de l'enfant. La surface de parcelles agricoles représentait au moins 14% de l'environnement de proximité (i.e. cercle de rayon 500 mètres) de la résidence pour la moitié des femmes, au moins 30% pour un quart des femmes. La culture la plus fréquente dans cet environnement de proximité était la culture de céréales, bien que la surface dédiée à cette culture variait selon les régions françaises. A ces indicateurs géographiques, seront couplées les connaissances des usages des produits phytosanitaires disponibles grâce aux données de la BNV-d (banque nationale de données de ventes des distributeurs de produits phytosanitaires) afin d'identifier par exemple les principaux mélanges de pesticides auxquels les populations riveraines, participants de la cohorte Elfe, peuvent être exposées.

La première étude en France à avoir évalué les **niveaux d'imprégnation biologique** des femmes enceintes à de multiples pesticides contemporains a été réalisée par notre équipe de recherche dans la région Bretagne (cohorte PELAGIE ; Chevrier et al. 2009, 2011). Des **dosages chimiques** de 52 composés incluant des pesticides agricoles et domestiques semi-/non-persistants et leurs principaux produits de dégradation ont été mis en place dans les urines maternelles prénatales. Le choix des molécules a été réalisé en collaboration avec des experts locaux connaissant les usages agricoles bretons. Il s'agissait tout d'abord d'herbicides du maïs (cultures associées aux élevages de porc et de volaille très présents en Bretagne) : l'atrazine et le métolachlore, interdits depuis 2003 en France mais néanmoins présents dans l'environnement, puis remplacés par l'alachlore et l'acétochlore. Il s'agissait aussi des insecticides organosphosphorés (tels que chlorpyrifos, dichlorvos, parathion et malathion) très présents en agriculture légumière en particulier et dans les usages domestiques dans divers produits sur la période d'intérêt de la cohorte (2002-2006). Les résultats ont montré la présence dans les urines (<40%) de traces d'herbicides utilisés sur les cultures de maïs suggérant une rémanence non négligeable dans l'environnement de ces composés, ainsi que la présence de résidus d'insecticides organophosphorés dans la majorité des prélèvements urinaires (>90%) (Chevrier et al. 2009, 2011). Compte-tenu de l'amélioration des méthodes de chimie analytique, l'analyse de 138 molécules d'intérêt est aujourd'hui prévue dans les prélèvements de cheveux maternels de la cohorte nationale Elfe, dans le cadre du projet POPEYE. Cette liste inclut des insecticides, herbicides et fongicides ([dithio]carbamates, azolés, phtalimides) pour lesquels peu de données de marqueurs biologiques d'exposition sont aujourd'hui disponibles.

Deux exemples d'atteintes possibles sur la santé de l'enfant seront ensuite présentés. Il s'appuieront sur les données de la cohorte bretonne mère-enfant PELAGIE (n=3421 femmes enceintes recrutées entre 2002-2006) pour laquelle des mesures similaires d'exposition de la population générale ont déjà été mises en place.

Un premier travail a permis de montrer qu'en plus des activités agricoles nécessitant l'usage d'insecticides (pois, légumes en Bretagne) à proximité des résidences des femmes pendant leur grossesse, les usages à domicile de pesticides pendant la grossesse pourraient avoir un rôle néfaste sur l'**issue de grossesse** (diminution du périmètre crânien et du poids à la naissance) (Petit et al. 2012).

Un suivi détaillé des **performances neurocognitives** d'environ 300 enfants âgés de 6 ans des femmes de la cohorte PELAGIE a été mis en place afin d'évaluer l'impact possible sur ces performances des expositions ayant lieu tôt dans la vie à des molécules insecticides qui ont pour principe d'agir par mécanisme de neurotoxicité sur l'insecte. Nous avons observé une absence d'association statistique entre l'exposition prénatale aux insecticides organophosphorés OP, mesurée par des biomarqueurs urinaires, et les performances neurocognitives des enfants (Cartier et al. 2016). Ces résultats ne confirment pas ceux de trois cohortes nord-américaines de méthodologie similaire (biomarqueur d'exposition, tests neuropsychologiques) qui suggèrent une diminution des performances cognitives des enfants en lien avec l'exposition prénatale aux OP. Ces trois cohortes ont été conduites sur des populations a priori socialement vulnérables. Nos résultats sont en revanche similaires à une quatrième cohorte américaine conduite sur une population de niveaux socio-économiques médians ou élevés, comme la cohorte PELAGIE, suggérant possiblement la mise en place de mécanismes compensatoires.

Soutiens financiers:

Le projet POPEYE est soutenu par une action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture/du développement durable, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Les principaux soutiens financiers de la cohorte PELAGIE sont de Santé Publique France/Institut national de Veille Sanitaire, des Ministères du travail et de la recherche, de l'Agence Nationale de la Recherche, de l'ANSES/Afsset, des programmes européens Hi-WATE et ENRIECO, du Programme 189 Post Grenelle, de l'Institut Recherche en Santé Publique (IReSP), de la Fondation de France, et de l'INSERM.

L'enquête Elfe est une réalisation conjointe de l'Institut national d'études démographiques (Ined), de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), de l'Établissement français du sang (EFS), de l'Institut de veille sanitaire (InVS), de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), de la Direction générale de la santé (DGS, Ministère en charge de la santé), de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR, Ministère en charge de l'Environnement), de la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees, Ministères en charge de la santé et de l'emploi), du Département des études, de la prospective et des statistiques (DEPS, Ministère en charge de la Culture) et de la Caisse nationale des allocations familiales (Cnaf), avec le soutien du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du Comité de concertation pour les données en sciences humaines et sociales (CCDSHS). Dans le cadre de la plateforme RECONAI, elle bénéficie d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR- 11-EQPX-0038

Références:

de Gavelle E, de Lauzon-Guillain B, Charles MA, Chevrier C, Hulin M, Sirot V, Merlo M, Nougadère A. Chronic dietary exposure to pesticide residues and associated risk in the French ELFE cohort of pregnant women. Environ Int. 2016;92-93:533-542.

Chevrier C, Petit C, Limon G, Monfort C, Durand G, Cordier S. Biomarqueurs urinaires d'exposition aux pesticides des femmes enceintes de la cohorte Pélagie réalisée en Bretagne (2002-2006). Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire. 16 Juin 2009, Edition spéciale.

Chevrier C, Limon G, Monfort C, Rouget F, Garlantézec R, Petit C, Durand G, Cordier S. Urinary biomarkers of prenatal atrazine exposure and adverse birth outcomes in the PELAGIE birth cohort. Environ Health Perspect. 2011 Jul;119(7):1034-41.

Petit C, Blangiardo M, Richardson S, Coquet F, Chevrier C, Cordier S. Association of environmental insecticide exposure and fetal growth with a Bayesian model including multiple exposure sources: the PELAGIE mother-child cohort. Am J Epidemiol. 2012;175(11):1182-90

Cartier C, Warembourg C, Le Maner-Idrissi G, Lacroix A, Rouget F, Monfort C, Limon G, Durand G, Saint-Amour D, Cordier S, Chevrier C. Organophosphate Insecticide Metabolites in Prenatal and Childhood Urine Samples and Intelligence Scores at 6 Years of Age: Results from the Mother-Child PELAGIE Cohort (France). Environ Health Perspect. 2016;124(5):674-80.

Évaluation des conséquences sanitaires de l'exposition des populations-professionnels et population générale aux produits phytosanitaires:

Présentation des résultats de l'expertise collective de l'INSERM

_____

Sylvaine CORDIER, IRSET/UMR 1085 Inserm, Directrice de recherche émérite

Instituts thématiques

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Paris, le 12 juin 2013

DOSSIER DE PRESSE

Pesticides : Effets sur la santé

Une expertise collective de l'Inserm

Depuis les années 1980, les enquêtes épidémiologiques ont évoqué l'implication des pesticides dans plusieurs pathologies chez des personnes exposées professionnellement à ces substances, en particulier des pathologies cancéreuses, des maladies neurologiques et des troubles de la reproduction. Ces enquêtes ont également attiré l'attention sur les effets éventuels d'une exposition même à faible intensité lors de périodes sensibles du développement (in utero et pendant l'enfance).

Dans ce contexte, la DGS a sollicité l'Inserm pour effectuer un bilan de la littérature scientifique permettant de fournir des arguments sur les risques sanitaires associés à l'exposition professionnelle aux pesticides, en particulier en secteur agricole et sur les effets d'une exposition précoce chez le foetus et les jeunes enfants.

Pour répondre à cette demande, l'Inserm s'est appuyé sur un groupe pluridisciplinaire d'experts constitué d'épidémiologistes spécialistes en santé-environnement ou en santé au travail et de biologistes spécialistes de la toxicologie cellulaire et moléculaire.
D'après les données de la littérature scientifique internationale publiées au cours des 30 dernières années et analysées par ces experts, il semble exister une association positive entre exposition professionnelle à des pesticides et certaines pathologies chez l'adulte: la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate et certains cancers hématopoïétiques (lymphome non hodgkinien, myélomes multiples). Par ailleurs, les expositions aux pesticides intervenant au cours de la période prénatale

et périnatale ainsi que la petite enfance semblent être particulièrement à risque pour le développement de l'enfant.

Pesticides : définitions, usages et voies d'exposition

Du latin, Pestis (fléau) et Caedere (tuer), le terme pesticide regroupe de nombreuses substances très variées agissant sur des organismes vivants (insectes, vertébrés, vers, plantes, champignons, bactéries) pour les détruire, les contrôler ou les repousser.
Il existe une très grande hétérogénéité de pesticides (environ 1 000 substances actives ont déjà été mises sur le marché, entre hier et aujourd'hui, actuellement 309 substances phytopharmaceutiques sont autorisées en France). Ils divergent selon leurs cibles, leurs modes d'actions, leur classe chimique ou encore leur persistance dans l'environnement.
- Cibles : on distingue les herbicides, les fongicides, les insecticides…
- Il existe près de 100 familles chimiques de pesticides : organophosphorés, organochlorés, carbamates, pyréthrinoïdes, triazines…
- Il existe près de 10 000 formulations commerciales composées de la matière active et d'adjuvants et qui se présentent sous différentes formes (liquides, solides : granulés, poudres,..).
- La rémanence des pesticides dans l'environnement peut varier de quelques heures ou jours à plusieurs années. Ils sont transformés ou dégradés en nombreux métabolites. Certains, comme les organochlorés persistent pendant des années dans l'environnement et se retrouvent dans la chaine alimentaire.

Dans l'expertise, le terme pesticide représente l'ensemble des substances actives, indépendamment des définitions réglementaires.

Des pesticides pour quels usages ?

En France, peu de données quantitatives par type d'usages sont accessibles. La majeure partie des tonnages (90%) est utilisée pour les besoins de l'agriculture, mais d'autres secteurs professionnels sont concernés : entretiens des voiries, jardins et parcs ; secteur industriel (fabrication, traitement du bois,…) ; usage en santé humaine et vétérinaire, lutte anti-vectorielle (moustique), dératisations …Il faut ajouter à cette liste les usages domestiques (plantes, animaux, désinsectisation, jardinage, bois).

En France, les fongicides représentent près de la moitié des tonnages. 80% des tonnages de pesticides sont utilisés pour un traitement des céréales à paille, maïs, colza, vigne.

Les plus vendus ont comme principe actif le soufre ou le glyphosate.

Les sources d'exposition :

Les pesticides sont présents partout dans l'environnement. On peut les trouver dans l'air (air extérieur et intérieur, poussières), l'eau (souterraines, de surface, littoral, …), le sol, et les denrées alimentaires (y compris certaines eaux de consommation).
En milieu professionnel, la voie cutanée représente la principale voie d'exposition (environ 80%). L'exposition par voie respiratoire existe lors de circonstances particulières d'application (fumigation, utilisation en milieu fermé). L'exposition peut se produire à différents moments : manutention, préparation, application, nettoyage, ré-entrées (tâches effectuées dans des zones traitées),

mais les plus exposants sont la préparation des bouillies ou mélanges et les tâches de ré-entrées. En population générale, la voie orale est souvent considérée comme la principale voie d'exposition à travers l'alimentation.

Pesticides et cancers

L'expertise collective a ciblé 8 localisations de cancer : 4 cancers hématopoïétiques, ainsi que les cancers de la prostate, du testicule, les tumeurs cérébrales et les mélanomes. La plupart de ces localisations avaient été identifiées dans des méta-analyses antérieures comme potentiellement associées à une exposition aux pesticides, généralement sans distinction sur les matières actives incriminées.

➔ Cancer de la prostate

D'après les données de la littérature, une augmentation du risque existe chez les agriculteurs, les ouvriers d'usines de production de pesticides et les populations rurales (entre 12 et 28% selon les populations). Quelques matières actives ont été spécifiquement documentées, en population générale : chlordécone ; en population professionnelle : carbofuran, coumaphos, fonofos, perméthrine. Toutes sont actuellement interdites d'usage. Pour certaines d'entre elles, un excès de risque est observé uniquement chez les agriculteurs ayant des antécédents familiaux de cancer de la prostate.

➔ Cancers hématopoïétiques

D'après les données de la littérature, une augmentation de risque de lymphomes non hodgkinien et de myélomes multiples existe chez les professionnels exposés aux pesticides du secteur agricole et non agricole. Les pesticides organophosphorés et certains organochlorés (lindane, DDT) sont suspectés. Bien que les résultats soient moins convergents, un excès de risque de leucémies ne peut être écarté.
Concernant les autres localisations cancéreuses étudiées, l'analyse de l'ensemble des études reste difficile. Plusieurs raisons peuvent être évoquées : une incidence faible (cancer du testicule, tumeurs du cerveau et maladie de Hodgkin) ou l'existence d'un facteur de confusion important (comme par exemple, l'exposition aux ultras violets de la population agricole, facteur de risque reconnu pour le mélanome).

Pesticides et maladies neurodégénératives

L'expertise collective s'est intéressée a 3 maladies neurodégénératives, la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique, ainsi qu'aux troubles cognitifs, qui pourraient prédire ou accompagner certaines pathologies neuro-dégénératives.
◊ Maladie de Parkinson
Une augmentation du risque de développer une maladie de Parkinson a été observée chez les personnes exposées professionnellement aux pesticides. Un lien a pu être mis en évidence notamment lors d'une exposition aux insecticides et herbicides. L'association avec les fongicides n'a, à ce jour, pas été mise en évidence mais le nombre d'études est nettement moins important.
Pour les autres maladies neurodégénératives, les résultats sont plus contrastés. Par exemple, dans le cas de la maladie d'Alzheimer, les résultats des études de cohortes sont convergents pour révéler

un excès de risque quand les études cas-témoins sont peu robustes. Quant à la sclérose latérale amyotrophique, trop peu d'études sont disponibles pour conclure.
Par ailleurs, plusieurs revues et une méta-analyse récente concluent à un effet délétère des expositions professionnelles aux pesticides notamment aux organophosphorés sur le fonctionnement cognitif. Cet effet serait plus clair en cas d'antécédents d'intoxication aiguë.

Effets sur la grossesse et le développement de l'enfant

Il existe maintenant de nombreuses études épidémiologiques suggérant un lien entre l'exposition prénatale aux pesticides et le développement de l'enfant, à court et moyen terme.

➔ **Conséquences des expositions professionnelles en période prénatale**

La littérature suggère une augmentation significative du risque de morts foetales (fausses-couches) ainsi qu'une augmentation du risque de malformations congénitales lors d'une exposition professionnelle maternelle aux pesticides. D'autres études pointent une atteinte de la motricité fine et de l'acuité visuelle ou encore de la mémoire récente lors du développement de l'enfant. Enfin, une augmentation significative du risque de leucémie et de tumeurs cérébrales a été mise en évidence dans les méta- analyses récentes.

➔ **Conséquences des expositions résidentielles en période prénatale (voisinage ou usage domestique)**

Plusieurs études cas-témoins et de cohortes montrent une augmentation du risque de malformations congénitales chez les enfants des femmes vivant au voisinage d'une zone agricole ou liée aux usages domestiques de pesticides (malformations cardiaques, du tube neural, hypospadias).
Une diminution du poids de naissance, des atteintes neurodéveloppementales et une augmentation significative du risque de leucémie sont également rapportées

Pesticides et fertilité

Le lien entre certains pesticides (notamment le dibromochloropropane), qui ne sont plus utilisés, et des atteintes de la fertilité masculine a été clairement établi mais de nombreuses incertitudes subsistent en ce qui concerne les pesticides actuellement employés.

Le lien entre pesticides et infertilité chez la femme est mal connu et mériterait d'être mieux étudié.

Mécanismes biologiques

La littérature ne permet pas actuellement d'identifier avec précision les mécanismes cellulaires et moléculaires mis en jeu dans les pathologies potentiellement associées à une exposition à certains pesticides. Toutefois, certains modes d'action des substances soutiennent les données épidémiologiques. Le stress oxydant semble par exemple jouer un rôle majeur, comme dans la maladie de Parkinson. Des dommages à l'ADN ou des perturbations de certaines voies de signalisation pouvant conduire à une dérégulation de la prolifération ou de la mort cellulaire, ou des altérations du système immunitaire sont autant de mécanismes susceptibles de sous tendre les effets des pesticides sur la santé.

La question des mélanges de pesticides

Les populations sont exposées de façon permanente et à faible dose aux pesticides et à de nombreuses autres substances contaminant l'environnement. Ces mélanges de pesticides et autres substances pourraient donner lieu à des impacts sanitaires difficilement prévisibles actuellement, ce qui fait de la question des mélanges et des faibles doses un des enjeux importants de la recherche et de l'évaluation des dangers.

Les experts rappellent que «ne pas être en mesure de conclure ne veut pas dire obligatoirement qu'il n'y a pas de risque».

Si certaines substances sont mises en cause, c'est qu'elles ont été plus souvent étudiées que d'autres (en particulier dans le contexte des Etats-Unis) ; de nombreuses substances actives n'ont pas fait l'objet d'études épidémiologiques.

Recommandations

Les recommandations soulignent la nécessité d'une meilleure connaissance des données d'exposition anciennes et actuelles de la population professionnelle exposée aux pesticides directement ou indirectement.
Les recommandations attirent également l'attention sur des périodes critiques d'exposition (périodes de développement) aussi bien en milieu professionnel qu'en population générale.
Des recherches pluri- et trans-disciplinaire doivent être soutenues pour permettre une caractérisation plus rapide des dangers potentiels des substances actives de pesticides.

Groupe d'experts et auteurs

Isabelle BALDI, Equipe Santé Environnement, Centre de recherche Inserm U 897 et Ghislaine BOUVIER, Laboratoire Santé Travail Environnement, Isped, Université Victor Segalen, Bordeaux

Sylvaine CORDIER, Inserm U 1085, Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, Irset, Université de Rennes 1, Rennes

Xavier COUMOUL, Inserm UMR-S 747, pharmacologie, toxicologie et signalisation cellulaire Université Paris Descartes, Paris

Alexis ELBAZ, Inserm U 1018, Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations, Villejuif
Laurence GAMET-PAYRASTRE, Toxalim (Research Centre in Food Toxicology), UMR 1331 Inra/INP/UPS, Toulouse

Pierre LEBAILLY, Groupe régional étude CANcer, Grecan, EA1772, Centre François Baclesse, Caen

Luc MULTIGNER, Inserm U 1085, Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, Irset, Université de Rennes 1, Rennes, Pointe à pitre.

Roger RAHMANI, Toxicologie cellulaire, moléculaire et génomique, Toxalim, UMR 1331, Institut Inra de Sophia Antipolis, Nice

Johan SPINOSI, InVS, Umrestte, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon

Geneviève VAN MAELE-FABRY, SSS/IREC/LTAP (Louvain Center for Toxicology and Applied Pharmacology), Université catholique de Louvain, Bruxelles

Contact presse

presse@inserm.fr
Tel : 01 44 23 60 97

Le dispositif de surveillance des effets indésirables des produits phytopharmaceutiques dans le cadre de la phytopharmacovigilance - illustration au cas des expositions et des risques alimentaires.

_____

Mathilde MERLO, ANSES, responsable de l'unité Phytopharmacovigilance et Observatoire des résidus de pesticides, Direction de l'évaluation des risques,