# *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

Colloque EHESP-IRSET Rennes - 14 mars 2017

# *Aux racines de la protection des cultures*

- Des origines anciennes:
  - Le pouvoir létal des huiles sur les insectes et l'emploi de plantes toxiques contre les rongeurs sont connus dès l'antiquité grecque ;
  - Les agronomes latins reconnaissent les effets du sulfure d'arsenic sur les larves de lépidoptères, de sels minéraux sur le développement des adventices ;
  - A même époque, différents poisons végétaux sont utilisés par les Chinois contre les rongeurs et les insectes ;
  - Les médecins de la Renaissance mesurent l'effet toxique des extraits de tabac sur les animaux à sang chaud...

- Pas d'usage régulier avant les enrobages de semences du XVIII$^{e}$ siècle.

Vers 1840, l'emploi de produits chimiques pour la défense des cultures horticoles se limite à un emploi fréquent de la chaux vive, du soufre, du chlorure de sodium, de la décoction de tabac et de sels d'arsenic.

# *Le temps des fléaux voyageurs (1845-1920)*

| **Problèmes en Europe** | | |
|---|---|---|
| 1845-1850 | Mildiou de la pomme de terre | Pas de solution |
| 1847-1852 | Oïdium de la vigne | Début de l'emploi du soufre à grande échelle (1853) |
| 1863-1867 | Phylloxera | Submersion, traitements au sulfure de carbone puis greffage |
| 1878-1880 | Mildiou de la vigne | Découverte de la bouillie bordelaise. Après 1885, les sels de cuivre deviennent une solution pour le mildiou de la pomme de terre et d'autres maladies |
| 1895-1910 | Désherbage sélectif des céréales | Début de l'emploi du sulfate de cuivre, du sulfate de fer et de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique est n°1 en Europe de 1920 à 1945 |
| 1919 | Doryphore | Emploi des sels d'arsenic et de la roténone |

| **Problèmes en Amérique du nord** | | |
|---|---|---|
| 1843 | Mildiou de la pomme de terre | Pas de solution |
| 1860-1870<br>1868 | Doryphore<br>Bombyx disparate | Mise au point des traitements arsenicaux et développement de l'emploi de l'arséniate de plomb |
| 1868 | Cochenille australienne *Icerya purchasi* | Recherche et introduction de la coccinelle *Rodolia cardinalis*.<br>Premier exemple réussi de lutte biologique. |
| 1870 | Pou de San José | Bouillie sulfocalcique, acide cyanhydrique puis huiles minérales |
| 1910 | Pyrale du maïs | Développement des traitements en poudrage par voie aérienne |

# Produits majeurs de la pharmacopée chimique des années 1930-1939

(Sources : revues de vulgarisation diverses dont le Guide Pratique pour la Défense sanitaire des végétaux)

**Fongicides principaux** = Sels de cuivre, soufre et polysulfures, chaux

Autres fongicides : formol, sulfate de fer, arsénite de sodium, sulfate d'oxyquinoléine, permanganate de potassium

**Insecticides principaux** :

Sels arsenicaux (de chaux, de plomb…).

Pétrole et ses émulsions, huiles de pétrole, huiles de houille (anthracène)… et leurs associations

Savons (blanc, noir, dérivé d'huile de poisson ou de baleine…) : souvent associés avec pyrèthre, nicotine, benzène…

Nicotine : recommandation la plus ordinaire contre les pucerons en pulvérisation.

Pyrèthre : poudres et extraits de qualité variable, associés au savon pour la pulvérisation contre les chenilles.

**Autres insecticides** :

Pour pulvérisation, arrosage, épandage : lysols (goudron + huile de lin, de navette...), roténone, décoction de quassia amara, résine, chaux, extrait d'hellébore, fluosilicate de baryum, cryolithe, chlorure de baryum, quinoléine, sulfure de carbone, cyanure de calcium, soude caustique, crud ammoniac, benzène, décoction de feuilles de noyer ou de sureau, eau chaude…

Répulsifs insectes : naphtaline, créosote, naphtol, paradichlorobenzène, gypse, soufre, alun, goudron de houille

En appâts : borax, bichlorure de mercure, fluosilicate de sodium, phosphure de zinc, sels d'arsenic

En fumigation dans des lieux clos : acide cyanhydrique, chloropicrine, bromure de méthyle, sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, oxyde d'éthylène…

**Herbicides**

Acide sulfurique : le plus employé pour le désherbage des céréales à cette époque, tant en France qu'en Europe

Autres : sulfate de fer, sulfate de cuivre, sylvinite, crud ammoniac, chlorate de soude, cyanamide calcique, colorants nitrés...

**Rodenticides** : appâts avec arsenicaux, scille, fluosilicate de baryum, phosphore, virus Danysz, strychnine (noix vomique), chloropicrine… Injection de dioxyde de soufre.

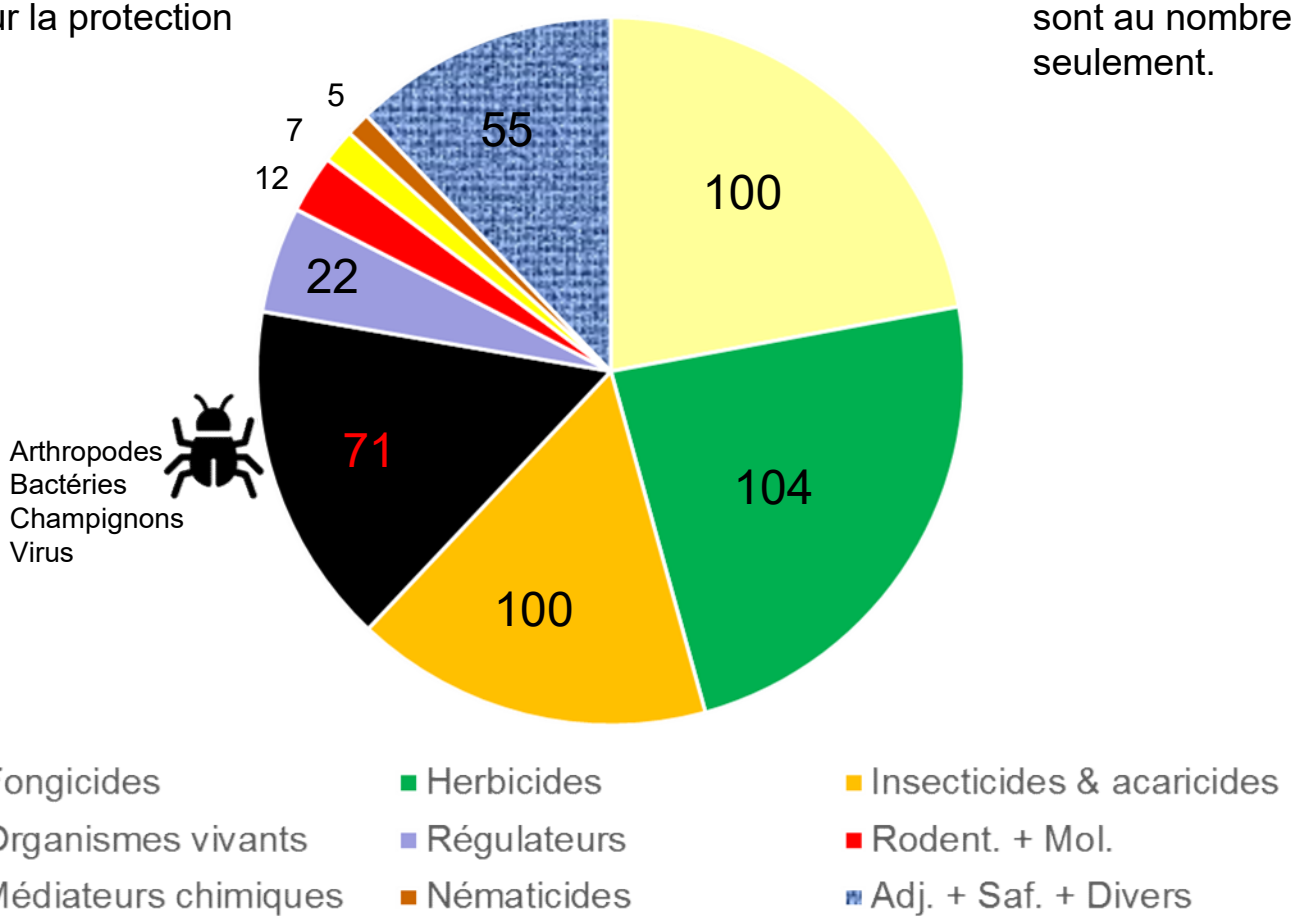
**Molluscicides** : appâts avec métaldéhyde, sels d'arsenic ou de thallium. Epandage massif de chaux, cyanamide calcique, emploi de trioxyméthylène…

**Traitement des semences** : sels de cuivre principalement mais encore chaux, goudron, formol, acide phénique, sulfate d'oxyquinoléine, sels de mercure, eau chaude…

# France : les moyens autorisés pour la protection des cultures
## (Source des données : Index ACTA 2015)

En 2015, l'index ACTA mentionne 453 moyens autorisés pour la protection des cultures

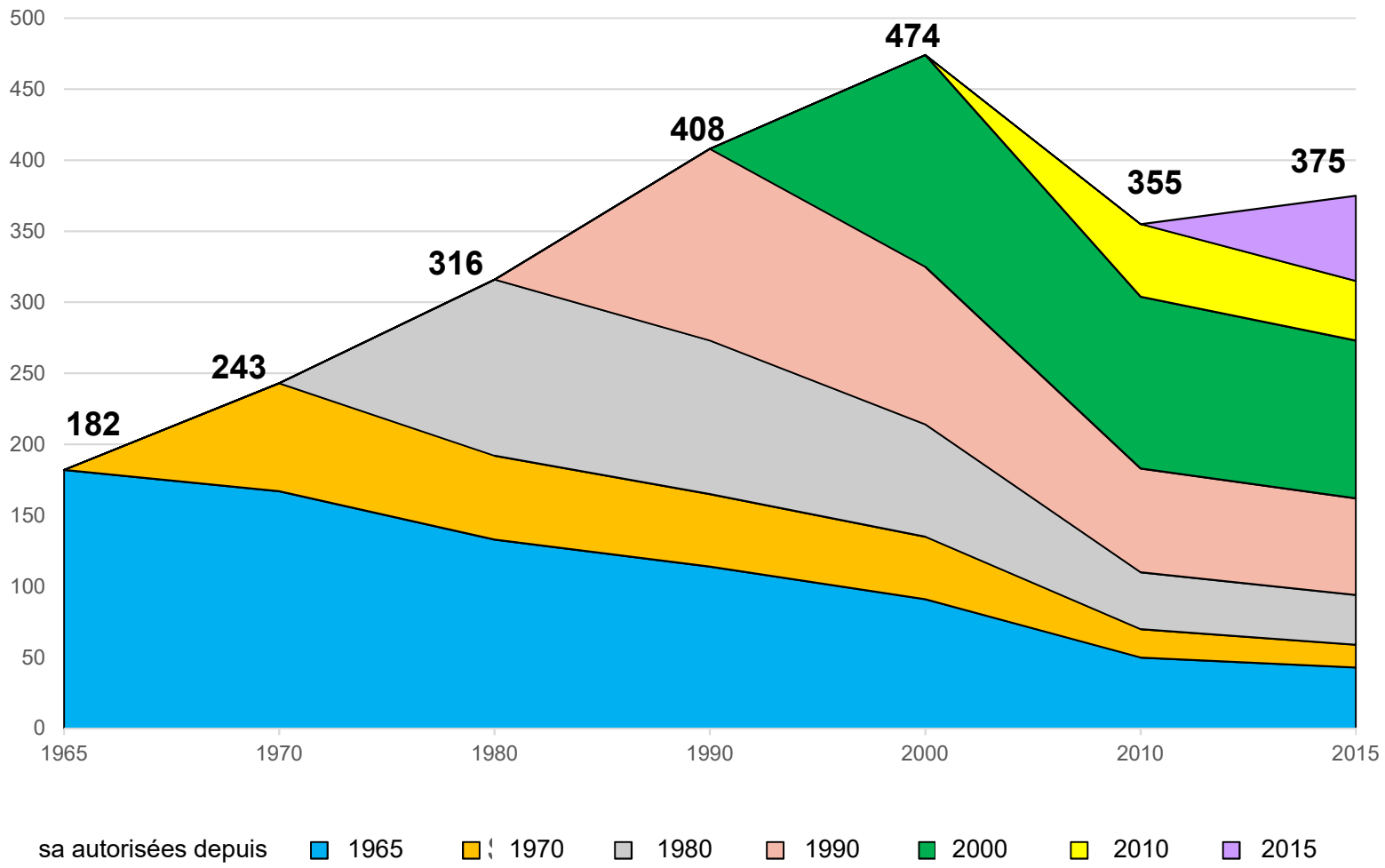
En 2015, les substances actives proprement dites sont au nombre de 350 seulement.



# Natures et voies d'obtention des produits phytopharmaceutiques
## Comparaison 1970 / 2010

| | | | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Substances minérales ou organométalliques | | | 23 | 20 | 26 | 22 | 14 |
| Substances organiques | Huiles fossiles ou végétales | | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| | Substances naturelles | | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| | Molécules produites par synthèse | Issues de synthèse classique | 194 | 256 | 315 | 338 | 218 |
| | | Mimétiques de substances naturelles | 15 | 25 | 39 | 62 | 63 |
| | Substances obtenues par fermentation | | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| Organismes vivants | Microorganismes | | 1 | 2 | 5 | 10 | 10 |
| | Macroorganismes | | 0 | 0 | 1 | 38 | 59 |
| **Nombre total de solutions autorisées** | | | **241** | **310** | **397** | **481** | **375** |

# Evolution du nombre de substances autorisées en France pour la protection des cultures (hors auxiliaires)

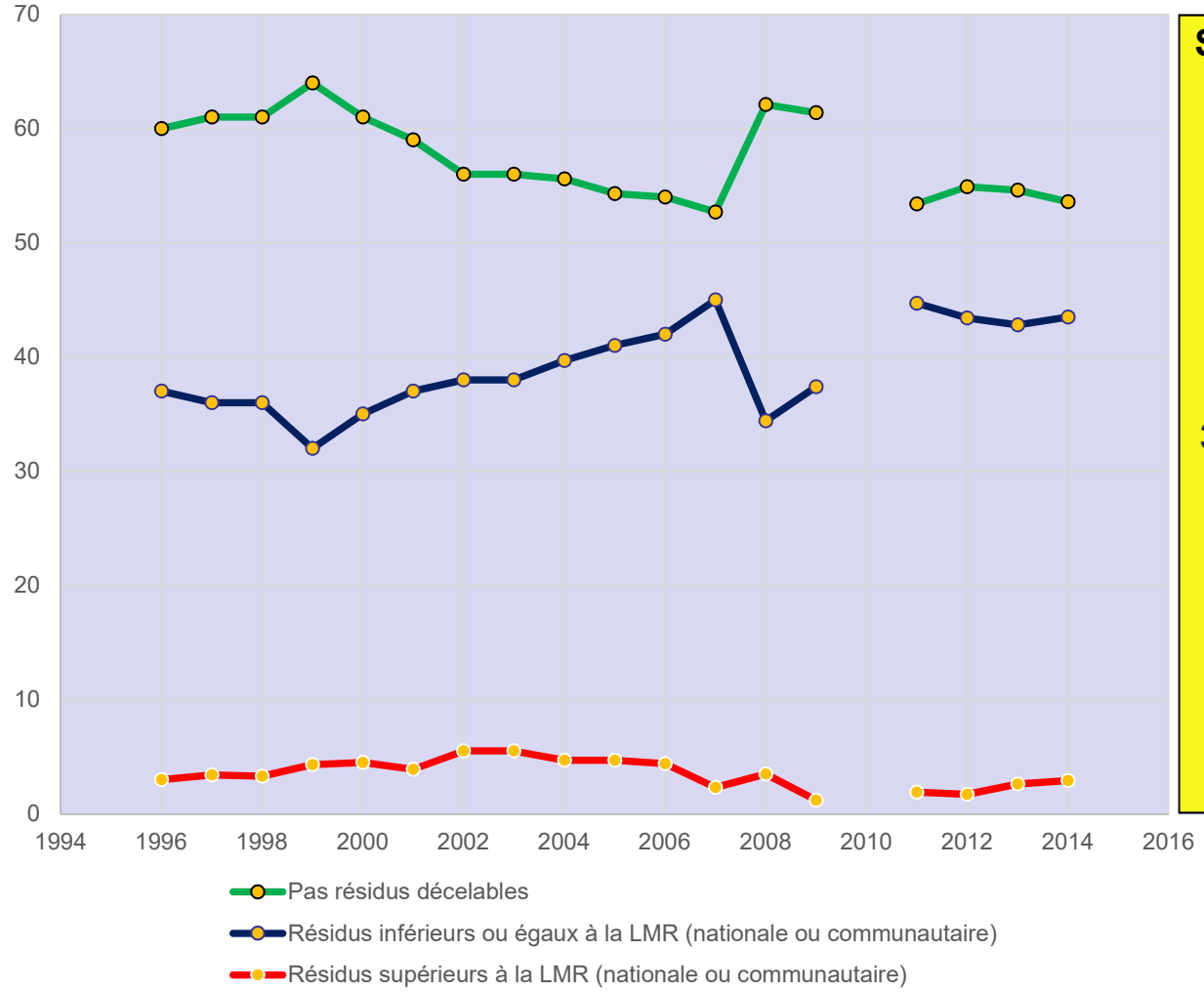





Source: J-L.BERNARD, 2017

# Europe : 18 années de contrôle sur les résidus dans les denrées alimentaires

(Principalement : fruits, légumes et céréales)




**Sur une période de surveillance de 18 années, on constate qu'en moyenne:**

**57,5% des denrées analysées ne contiennent aucun résidu décelable**

**39% présentent un ou plusieurs résidus décelables mais à des niveaux inférieurs aux LMR en vigueur**

**3,5% ne sont pas conformes aux LMR en vigueur.**

Données : rapports annuels de la Commission européenne

# L'univers des insecticides pris comme exemple : des évolutions considérables

## Transformation de la pharmacopée :

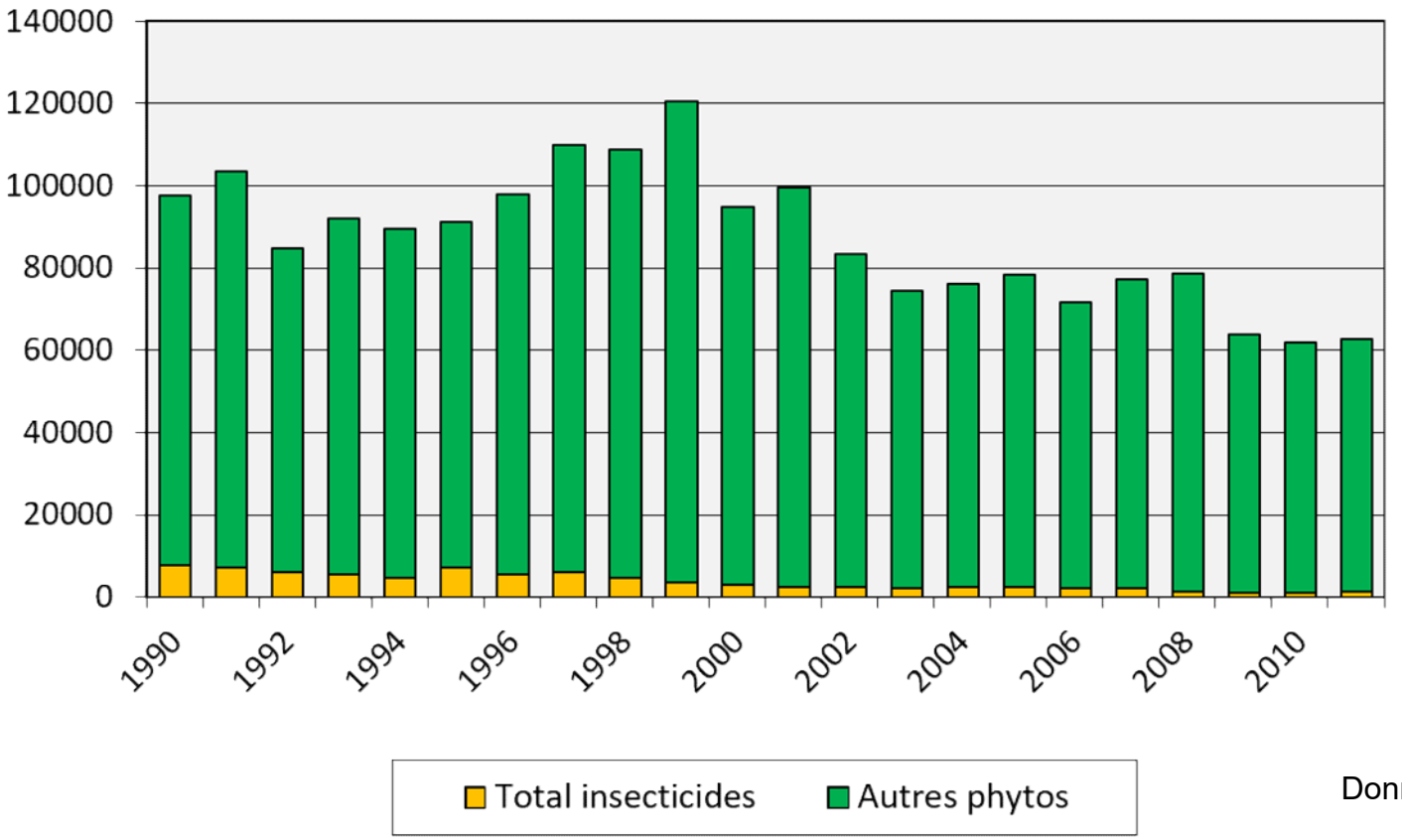
- Mise au point de substances à faible grammage par ha ;
- Elimination de nombreuses substances actives anciennes avec la mise en œuvre de la directive 91/414 ;
- Renouveau créatif avec le développement de la chimie imitative et de nouveaux moyens de lutte biologique…

## … et de la manière de conduire la lutte directe :

- Adoption assez générale de la lutte raisonnée ;
- Développement de la protection intégrée ;
- Diffusion du BSV; progrès constant des OAD ;
- Percée de certaines techniques alternatives (micro & macroorganismes…).

# Insecticides : une régression constante des quantités utilisées

Evolution de la quantité totale des insecticides et acaricides commercialisés en France par rapport au tonnage des autres substances actives (1990-2011)




Données UIPP

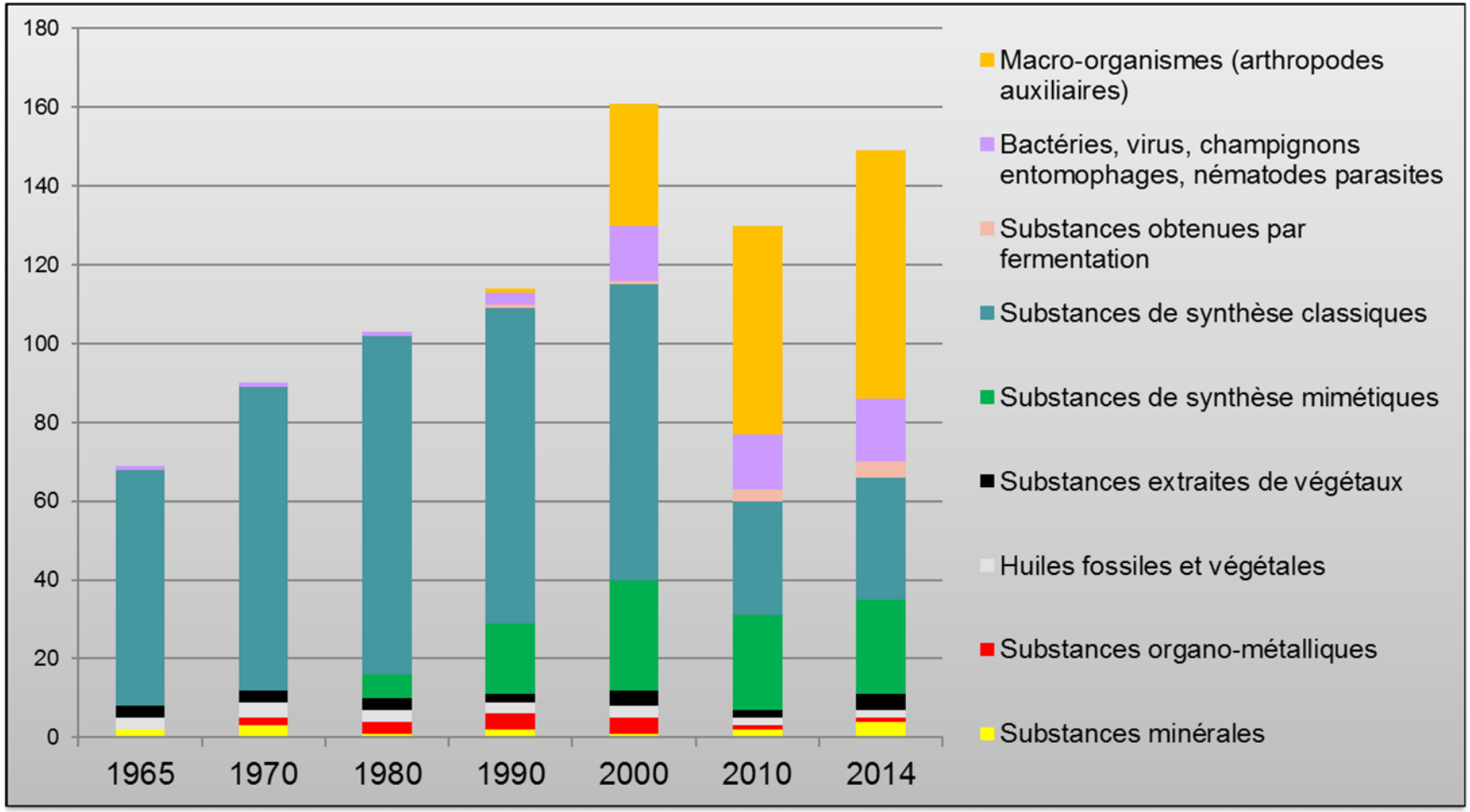
# La régression de la quantité de substance active aux doses/ha autorisées

## Le cas des insecticides utilisés en traitement du sol contre les taupins du maïs

| | | 1965 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRAITEMENT DU SOL EN PLEINE SURFACE PUIS INCORPORATION | HCH | 15000 | | | | | | | | | | | |
| | Aldrine | 4000 | 4000 | | | | | | | | | | |
| | Heptachlore | 3000 | 3000 | | | | | | | | | | |
| | Lindane | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1530 | 1530 | 1350 | | | | | |
| | Fonofos | | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | | | | |
| | Diazinon | | | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 7400 | | | |
| | Trichloronate | | | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | | | | | | |
| | Parathion-éthyl | | | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | | | | | | |
| | Phoxime | | | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | | | | |
| | Chlorpyrifos-éthyl | | | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | | | |
| | Chlorméphos | | | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | | | | |
| MICROGRANULE LOCALISE DANS LA RAIE DE SEMIS | Diazinon | | | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | | | | | BASUDINE… |
| | Parathion-éthyl | | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | | | | | |
| | Chlorpyrifos-éthyl | | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | | | DURSBAN |
| | Fonofos | | | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | | | | DYPHONATE |
| | Chlorméphos | | | 500 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | | | | DOTAN |
| | Terbufos | | | 180 | 180 | 200 | 240 | 240 | 240 | | | | COUNTER |
| | Carbofuran | | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | | | CURATER |
| | Bendiocarbe | | | | 300 | 300 | 300 | | | | | | GARVOX |
| | Carbosulfan | | | | | 500 | 750 | 750 | 750 | 750 | | | MARSHALL |
| | Benfuracarbe | | | | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | | | DELTANET |
| | Furathiocarbe | | | | | 600 | 600 | | 600 | | | | GEOPHOS |
| | Téfluthrine | | | | | | | | | | 183 | 183 | FORCE |
| | Cyperméthrine | | | | | | | | | | | 96 | BELEM |
| | Zetacyperméthrine | | | | | | | | | | | 120 | FURY |

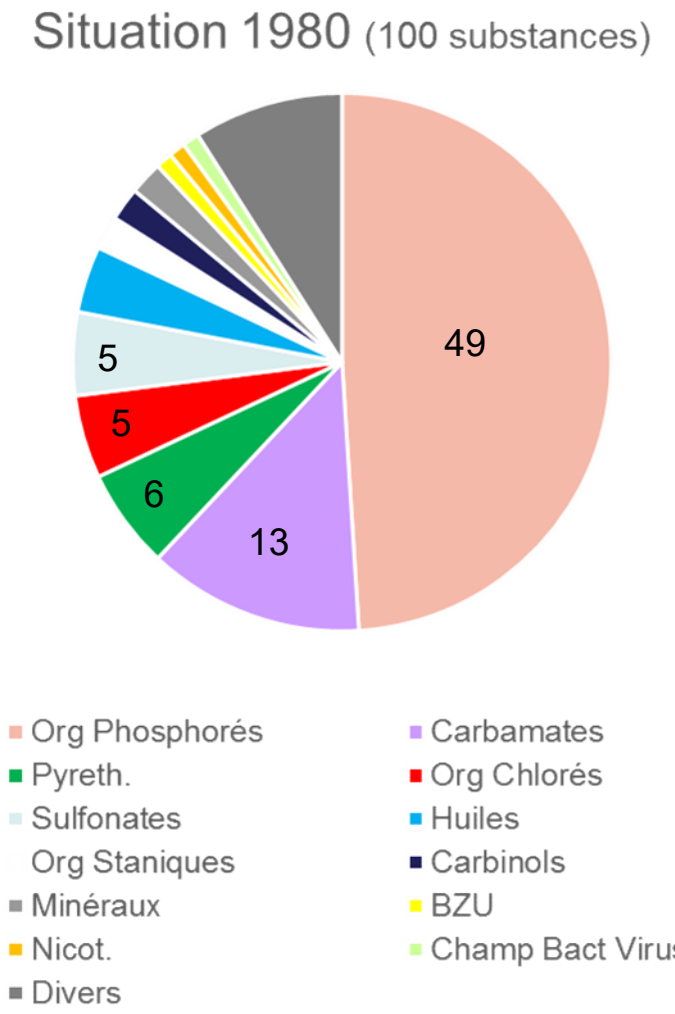
# La transformation des moyens de défense utilisables contre les ravageurs

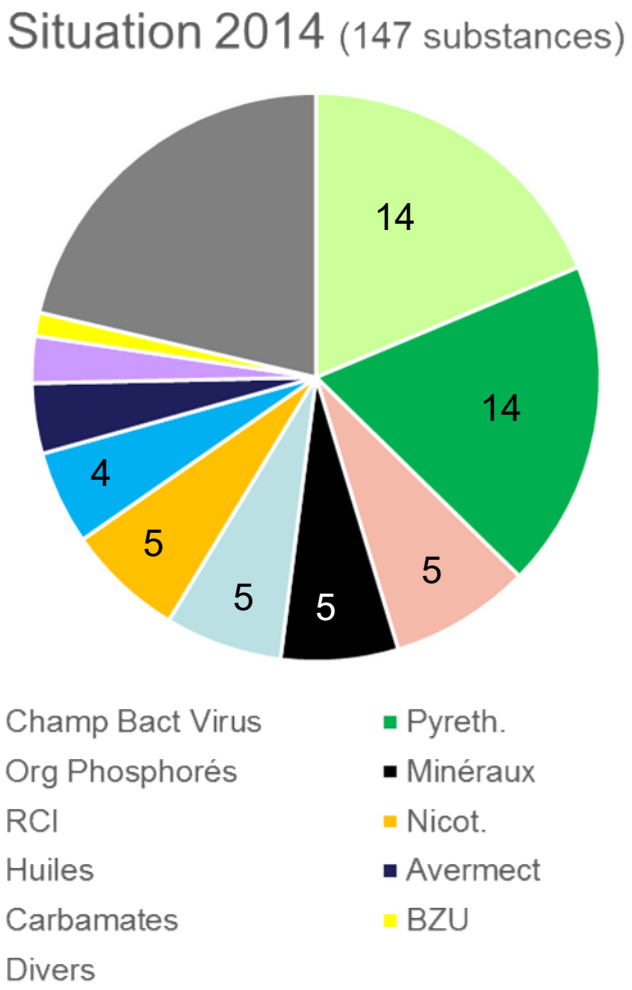
Evolution du nombre et de la nature des solutions autorisées en France pour la protection des cultures (plein champ et sous abri) contre les arthropodes ravageurs (1965-2014)



# Les différentes familles de substances insecticides
## Comparaison 1980 / 2014

Hors auxiliaires et médiateurs chimiques



# Des modes d'action plus diversifiés
## Comparaison 1980 / 2014

Situation 1980
(100 substances autorisées)

**Plus de 75% des composés autorisés** sur les arthropodes nuisibles agissent de par leurs propriétés toxiques pour le système nerveux des insectes/acariens (ex: organophosphorés, carbamates, organochlorés, pyrèthre...)

Situation 2014
(147 substances autorisées)

Les composés actifs sur le système nerveux des insectes/acariens représentent moins de 25% des substances autorisées et leur utilisation décroit.

De nombreux autres modes d'action ont fait leur apparition :

- Perturbation de la mue;
- Interférence pour la mise en place de la cuticule;
- Action sur la prise de nourriture (ex: pymétrozine);
- Arrivée d'insecticides actifs sur les muscles...

Nombre grandissant d'insecticides vivants (nématodes, champignons, bactéries, virus...)

En 2014, auxiliaires et médiateurs chimiques viennent en sus des substances autorisées.

# Insecticides et acaricides : une toxicité aigue de plus en plus réduite

Evolution de la toxicité aigüe des différentes solutions autorisées en France contre les insectes et acariens ravageurs pour la protection des cultures de plein champ et des productions sous abri
(nombre de solutions autorisées - DL 50 rat retenues par Index ACTA)

| | DL 50 comprise entre 1 et 50 mg/kg | DL 50 comprise entre 51 et 150 mg/kg | DL 50 comprise entre 151 et 1000 mg/kg | DL 50 comprise entre 1001 et 3000 mg/kg | DL 50 supérieure à 3000 mg/kg | Sans objet (arthropodes auxiliaires) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DL 50 de quelques substances banales | nicotine = 50 mg/kg | caféine = 150 mg/kg | | aspirine = 1200 mg/kg chlorure de sodium = 3000 mg/kg | | | |
| **1965** | 26 | 11 | 18 | 6 | 8 | 0 | 69 solutions |
| | ..... 80% ..... | | | ..... 20% ..... | | | |
| **1980** | 34 | 19 | 25 | 12 | 13 | 0 | 103 solutions |
| **1990** | 32 | 27 | 24 | 11 | 19 | 1 | 114 solutions |
| **2010** | 5 | 12 | 13 | 12 | 29 | 59 | 130 solutions |
| **2014** | 4 | 13 | 14 | 10 | 39 | 69 | 149 solutions |
| | ..... 38,8% ..... | | | ..... 61,2% ..... | | | |

# *Pour conclure et débattre*

- Une pharmacopée moderne.
- Depuis les années 1980 : plus de « chimie imitative », moins de « synthèse de hasard ».
- Le recul régulier des substances minérales
- L'irruption des organismes vivants et des composés actifs issus du vivant.
- Décroissance des quantités mises en œuvre
- Diversification des substances chimiques, de leurs modes et de leurs sites d'action
- Réduction marquée de la toxicité aigue moyenne