

Pesticides

Définitions

- Pesticide: tout produit utilisé pour détruire ou contrôler un organisme considéré comme nuisible
- Insecticides, herbicides, fongicides, microbiocides, rodenticides
- Législation européenne:
 - Produits de protection des plantes (phytosanitaires) (directive 91/414)
 - Biocides (directive 98/8)
 - Distinction peu claire (ex: molluscicides)

Usages

Tableau 2.1-4. Consommation des substances actives phytosanitaires dans les pays de l'union européenne en 2001, exprimée en kg de m.a. par hectare de SAU et par hectare de terres arables. Sources FAOSTAT et ECPA pour les consommations, FAOSTAT pour les surfaces.

	Consommation des substances actives phytosanitaires dans les pays de l'UE en 2001					
	Consommations Sources FAOSTAT			Consommations Sources ECPA		
	en kg/ha de SAU	en kg/ha de terres arables	Rang des pays	en kg/ha de SAU	en kg/ha de terres arables	Rang des pays
Portugal	3.4	7.2	4	6.0	12.5	1
Pays Bas	3.9	8.3	2	4.1	8.7	2
Belgique	5.4	9.9	1	3.3	6.0	3
France	3.1	5.1	6	3.4	5.4	4
Italie	4.4	8.1	3	2.9	5.4	5
Grèce	1.2	3.8	7	1.3	4.1	6
Royaume-Uni	1.9	5.8	5	1.2	3.6	7
Espagne	1.2	2.7	8	1.4	3.1	8
Allemagne	1.6	2.3	9	1.5	2.2	9
Autriche	0.8	2.1	10	0.8	2.0	10
Irlande	0.5	1.8	11	0.3	1.2	11
Danemark	1.2	1.4	12	1.0	1.1	12
Suède	0.5	0.6	13	0.6	0.7	13
Finlande	0.6	0.6	13 bis	0.6	0.7	13 bis
Moyenne Europe	2.1	4.3		2.0	4.0	

European Crop Protection Association

Usages

Tableau 2.1-3. Produits de protection des plantes utilisés en Europe en 2001 en tonnes de Matières Actives (Données ECPA et FAOSTAT pour les SAU).

	Fongicides		Herbicides		Insecticides		Divers		Total	% (a)	SAU/SAU UE 15 (b)	Ratio (a)/(b)
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%				
France	54130	54,3%	32122	32,2%	2487	2,5%	10896	10,9%	99635	34,3%	21,0%	1.6
Italie	23288	51,8%	8191	18,2%	9747	21,7%	3741	8,3%	44967	15,5%	11,0%	1.4
Espagne	13790	33,7%	10374	25,4%	11631	28,4%	5099	12,5%	40894	14,1%	21,1%	0.7
Allemagne	8418	32,1%	13337	50,9%	868	3,3%	3601	13,7%	26224	9,0%	12,1%	0.7
Portugal	13915	56,0%	6399	25,7%	2616	10,5%	1926	7,7%	24856	8,5%	2,9%	2.9
Royaume Uni	3628	18,0%	11817	58,6%	857	4,2%	3874	19,2%	20176	6,9%	12,0%	0.6
Grèce	4860	43,7%	2650	23,9%	2638	23,7%	963	8,7%	11111	3,8%	6,0%	0.6
Pays Bas	3628	46,1%	2172	27,6%	227	2,9%	1840	23,4%	7867	2,7%	1,4%	1.9
Belgique/Lux.	1595	31,5%	2345	46,3%	560	11,1%	566	11,2%	5066	1,7%	1,1%	1.5
Autriche	1088	38,6%	1317	46,7%	94	3,3%	322	11,4%	2821	1,0%	2,4%	0.4
Danemark	511	19,5%	1925	73,5%	66	2,5%	116	4,4%	2618	0,9%	1,9%	0.5
Suede	339	18,2%	1462	78,4%	24	1,3%	40	2,1%	1865	0,6%	2,2%	0.3
Finlande	192	13,4%	1120	78,2%	42	2,9%	78	5,4%	1432	0,5%	1,6%	0.3
Irlande	410	30,7%	795	59,6%	84	6,3%	45	3,4%	1334	0,5%	3,1%	0.2
Europe des 15	129792	44,6%	96026	33,0%	31941	11,0%	33107	11,4%	290866	100%	100%	

Principaux pesticides

		Exemples	Statut UE (91/414)
Insecticides organochlorés		DDT et métabolites (DDE, DDD) Dieldrine Heptachlore	Interdits
Insecticides organophosphorés	Phosphates	Dichlorvos	Interdit
	Thio-phosphates	Parathion	Interdit
	Dithio-phosphates	Malathion	Interdit

Principaux pesticides

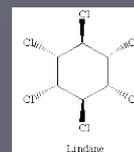
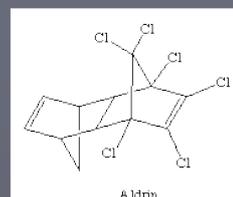
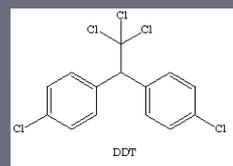
		Exemples	Statut UE (91/414)
Insecticides carbamates		Aldicarb Carbaryl	Interdit Interdit
Insecticides pyréthroïdes		Permethrine α -cypermethrin	Interdit Autorisé

Principaux pesticides

		Exemples	Statut UE (91/414)
Herbicides	Aryloxyacides (phénoxyherbicides)	2,4-D 2,4,5-T	Autorisé Interdit
	Triazines	Atrazine Simazine	Interdit Usage restreint
	Urées substituées	Linuron	Autorisé
	Amides	Propanil	En suspens

Insecticides organochlorés

- Persistants
- 3 grands groupes
 - DDT et métabolites (DDD, DDE)
 - Cyclodiènes organochlorés (aldrine, dieldrine)
 - Hexacyclohexanes (HCH) (lindane)



DDT et métabolites

- DDT: dichlorodiphényltrichloroéthane
- Utilisation
 - Ciba-Geigy 1939
 - 2^{de} guerre mondiale: lutte contre le typhus (puces)
 - massive après guerre: insecticide contre les pestes en agriculture, les insectes vecteurs de maladie (malaria, dengue)
 - Banni en Europe au début des années 1970
 - Toujours utilisé dans pays en voie de développement

DDT

- Propriétés
 - Peu soluble: <1mg/L
 - Emulsion à appliquer en aérosol
- Efficacité:
 - Toxicité aiguë élevée pour les insectes, moins pour les vertébrés (LD50 rat: 113-450mg/kg)
 - Très persistant: $\tau_{1/2}$
 - sol: 2,5 - 5 ans
 - eau: 10 ans
 - Peu coûteux

Dérivés du DDT

- DDD: dichlorodiphenyldichloroéthane
 - Insecticide modéré avec plus faible toxicité pour poissons
 - excrété
- DDE: dichlorodiphenyldi chloroéthylène
 - Produit de dégradation du DDT
 - Non employé comme insecticide

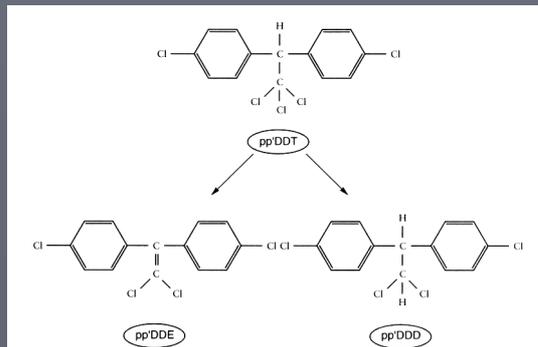
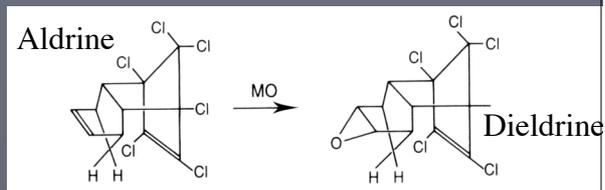


Figure 14.4 – Biodegradation de la molécule de DDT.
Biodegradation of the DDT molecule.

Cyclodiènes organochlorés

- Aldrine et dieldrine



- Utilisation

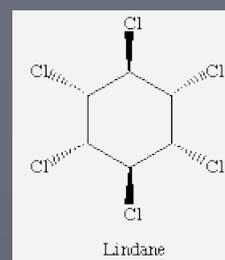
- Années 1950
- contrôle des pestes en agriculture
- enrobage des graines
- Insecticides du sol (larves de *Tipula*)
- Retirés du marché dans les années 1970

Aldrine et dieldrine

- Propriétés
 - Peu solubles: 1mg/L
 - Toxicité élevée (LD50 rat: 40-60mg/kg)
 - Très persistants: $\tau_{1/2}$
 - sol: 0,5 - 4 ans
 - eau: 20 ans

Hexacyclohexanes

- Lindane: γ -HCH
- Utilisation:
 - Années 1940
 - Insecticide agricole
 - Anti-parasitaire du bétail
 - Enrobage des graines
 - Traitement du bois
 - Utilisé en France (maïs, colza) jusqu'en 1998
 - Toujours utilisé en grandes quantités en Inde et en Chine



Lindane

- Propriétés
 - Solubilité modérée: 7mg/L
 - Volatile, stable à haute température
 - Émulsions concentrées
 - Fumigations (vergers)
 - Toxicité modérée (LD 50 rat: 60-250 mg/kg)
 - Persistance élevée: $\tau_{1/2}$
 - sol: 1,5 an
 - eau: 3-10 ans

Voies d'entrée dans écosystèmes

- Dépendante de la solubilité
 - DDT (<1mg/L): adsorbé (coef de partage avec eau: 1/50000)
 - Lindane (7mg/L): solution (coef: 1/100)
- Aérienne: voie principale vu le mode d'application (sprays, fumigations):
 - 98% des apports dans les océans
 - Distribution mondiale

Devenir dans les organismes

- Bioaccumulation

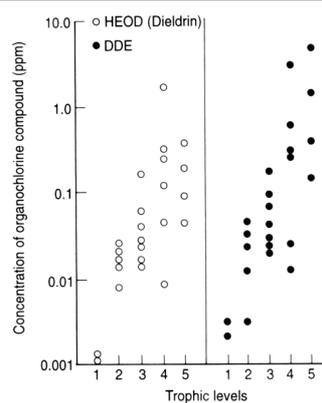
Facteurs de bioconcentration directe chez les Téléostéens dulcicoles d'Amérique du Nord

DDT	Dieldrine	Lindane
63000 - 84500 (1)	5800 (1)	180 (1)
260000- 4400000 (2)	120000 (3)	550 (4)

(1) Pimephales promelas, tête-de-boule; (2) Salvenillus nayamacush, omble des Grands Lacs; (3) Lebistes reticulatus, guppy doré; (4) Ictalarus melas, poisson-chat

Devenir dans les organismes: bioamplification

- Milieu marin

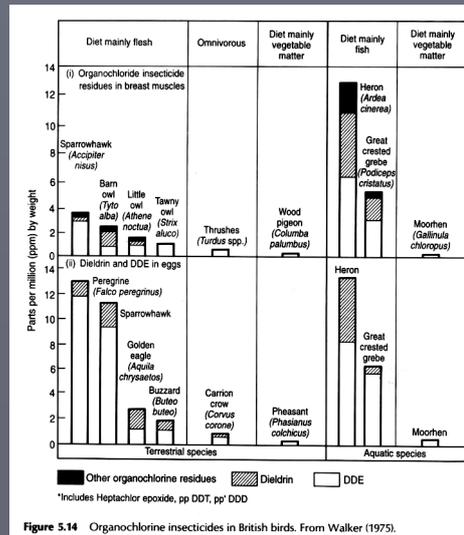


Trophic levels in Farnes Island ecosystem:
 1. Serrated wrack, Oar weed. 2. Sea urchin, Mussel, Limpet. 3. Lobster, Shore crab, Herring, Sand eel. 4. Cod, Whiting, Shag, Eider duck, Herring gull. 5. Cormorant, Gannet, Grey seal.

Organochlorine insecticides in the Farnes Island ecosystem. From Walker (1975).

Devenir dans les organismes: Bioamplification

- Milieux terrestre et dulcicole



Mécanismes de toxicité

- Perturbation des canaux sodium (DDT)
 - Fermeture retardée lors des potentiels d'action
 - Multiplication des potentiels d'action en réponse à un seul stimulus
 - Mouvements musculaires incontrôlés (tremblements)

Mécanismes de toxicité

- Perturbation du récepteur GABA (canal Cl⁻) (cyclodiènes chlorés et lindane)
 - Antagonistes du GABA
 - Réduction du flux de Cl⁻
 - Perturbation de l'activité synaptique
 - Vertébrés: effets sur récepteurs GABA du cerveau
 - Convulsions

Mécanismes de toxicité

- Inhibition de l'ATPase-Ca
 - Glande coquillère des rapaces et oiseaux piscivores
 - Transport réduit du Ca⁺⁺ vers la coquille des œufs
 - Amincissement de la coquille
 - Ecrasement des œufs par la femelle incubante

Effets

- Réduction dramatique des populations de rapaces prédateurs de fin de chaîne (faucon pèlerin, épervier)



- Mortalités massives (locales ou régionales) de poissons dulcicoles et marins

Effets sur les rapaces

- Derek Ratcliffe (UK, 1967): réduction de l'épaisseur de la coquille des œufs après la 2ème guerre mondiale
- Idem aux USA

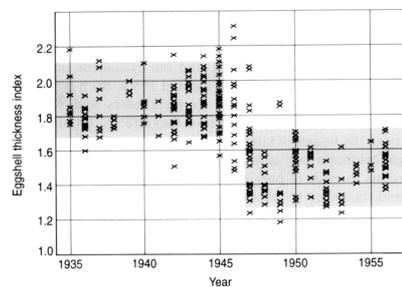
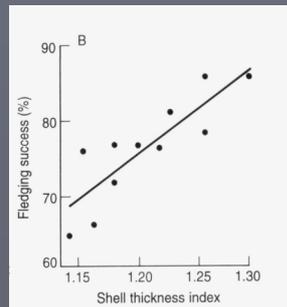
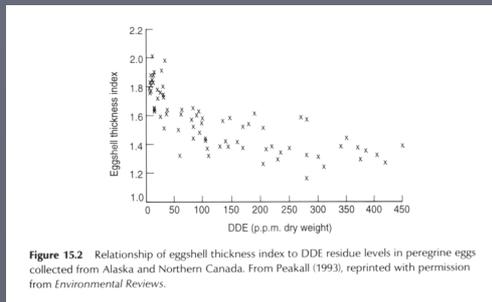


Figure 12.15 The 1947– decline in Peregrine eggshell thickness in the UK. Shaded areas represent 90% confidence limits. Reproduced with permission from *Environmental Reviews*. The eggshell thickness index is defined as: $\text{Index} = \text{Weight of eggshell (mg)} / \text{length} \times \text{breadth (mm)}$. From Peakall (1993).

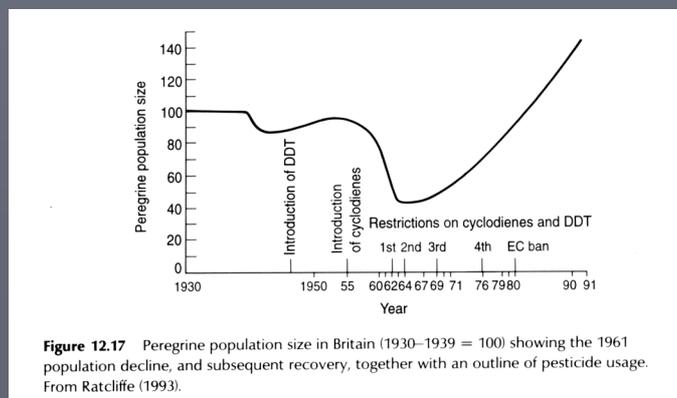
Effets sur les rapaces

- Réduction liée à la concentration en DDE
- Effet linéaire sur le succès à l'envol



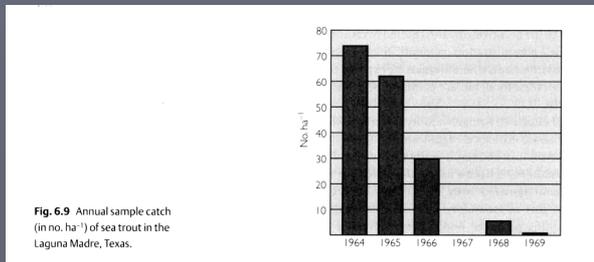
Effets sur les rapaces

- En Grande-Bretagne: effet synergique des cyclodiènes (toxicité aiguë)



Effets sur les poissons

- Mortalités massives de poissons dans les forêts canadiennes (New Brunswick): 5,7T de DDT épandues 1952-64
- Effondrement des pêcheries de la Laguna Madre (Texas)

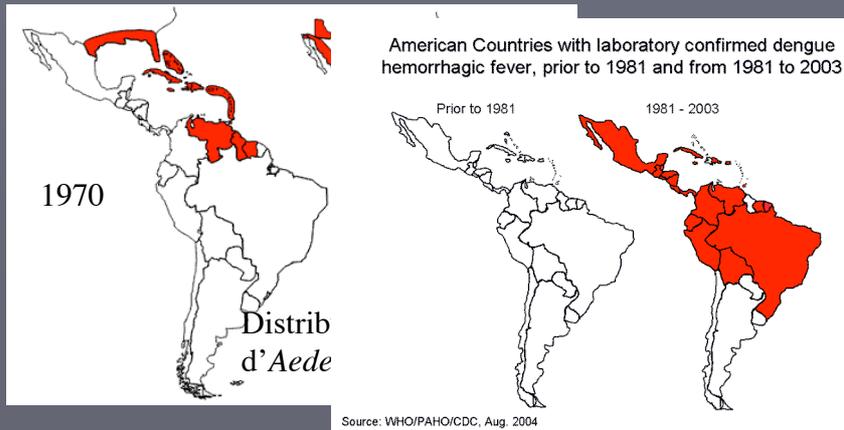


Effets sur l'homme

- USA 1964: le lait des mères dans le Wisconsin dépasse les normes imposées au lait de vache (DDT 5mg/L, dieldrin 0,3mg/L)
- Inuits 2000: déficiences immunitaires liées aux organochlorés chez les enfants
 - 80,5% incidence des otites
 - 59,3% incidence des infections pulmonaires
- Relations épidémiologiques avec un risque accru de certains cancers

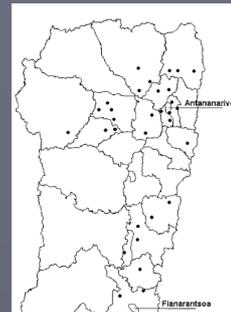
Effets de la suppression des insecticides organochlorés

- Recrudescence des populations d'insectes vecteurs et de maladies parasitaires



Effets de la suppression des insecticides organochlorés

- Recrudescence des populations d'insectes vecteurs et de maladies parasitaires
 - Réemploi du DDT sur les hauts plateaux de Madagascar



Abundance and distribution of *Anopheles funestus* in villages of the Highlands of Madagascar before and after the 1993–1998 OPID vector control campaign*

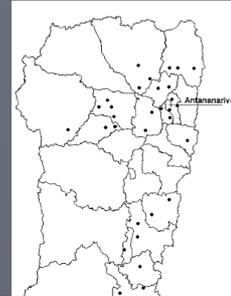
Altitude (m)	Before OPID (1989–1993)				After OPID (1988–2000)			
	No. villages	Positive (%)	MA (minimum–maximum)	RD (minimum–maximum)	No. villages	Positive (%)	MA (minimum–maximum)	RD (minimum–maximum)
900–1,000	2	2 (100)	47–112	47.4–82.2	4	3 (75)	0.0–1.5	0.0–3.6
1,000–1,500	26	21 (81)	1.7–19.5	0.1–56	12	3 (25)	0.08–0.45	0.1–0.1
>1,500	7	0	–	–	3	0	–	–
Total	35	23 (66)	–	–	19	6 (31.6)	–	–

* MA = mean number of bites per person per night; RD = mean number of mosquitoes per room; OPID = Opération de Pulvérisation Intra Domiciliaire.

Romi et al 2000

Effets de la suppression des insecticides organochlorés

- Recrudescence des populations d'insectes vecteurs et de maladies parasitaires
 - Réemploi du DDT sur les hauts plateaux de Madagascar



Results of the 32 parasitological surveys of schoolchildren (5–14 years old) in the highlands of Madagascar before and after the 1993–1998 OPID campaign*

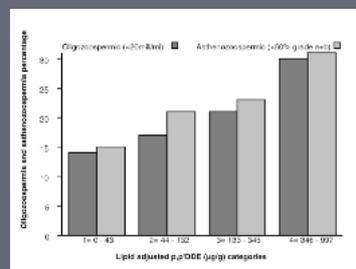
Altitude (m)	No. villages	No. subjects examined	Before OPID (1989–1993)			After OPID (1988–2000)		
			Mean	95% confidence limits	Minimum–maximum	Mean	95% confidence limits	Minimum–maximum
900–1,000	2	474	57.6	53.0–62.0	43.6–65.0	0.0	0.0–2.0	–
1,000–1,500	28	4,272	23.8	22.5–25.1	0.0–72.2	0.4	0.2–0.7	0.0–2.0
>1,500	2	309	1.3	0.4–3.5	0.6–2.3	0.0	0.0–2.3	–
Total	32	5,055	25.6	–	–	0.3	–	–

* OPID = Opération de Pulvérisation Intra Domiciliaire.

Romi et al 2000

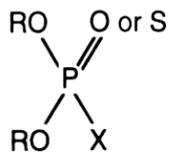
Effets de la réutilisation des insecticides organochlorés

- Conséquences de la pulvérisation intra-domiciliaire de DDT (Afrique du Sud) (*International POPs elimination project*)
 - Diminution de la qualité du sperme
 - Naissances prématurées
 - Contamination du lait maternel



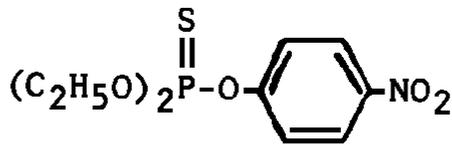
Aneck-Hahn et al 2007

Insecticides organophosphorés



R = Alkyl group
X = Leaving group

- Esters organiques d'acide phosphorique
- « Leaving group »: groupe éliminé lors de l'hydrolyse



Parathion

Insecticides organophosphorés

- Propriétés
 - Solubilité variable:
 - Temephos: insoluble
 - Parathion-Malathion: 24 - 145 mg/L
 - Diméthoate: 25000 mg/L
 - Certains = insecticides systémiques
 - Application:
 - Emulsions en aérosols
 - Enrobage des graines
 - Granulés

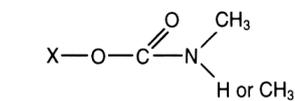
Insecticides organophosphorés

- Utilisation
 - 2ème guerre mondiale: arme chimique (sarin, tabun)
 - Insecticides
 - Toujours utilisés y compris dans l'UE mais en réduction (France 2000: 1287T; 2005: 604T)
 - Dosage: 500g mat act/ha

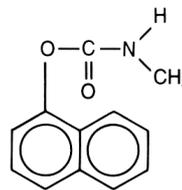
Insecticides carbamates

- Dérivés de l'acide carbamique

Carbamate insecticides: general formula



X = Organic group
(e.g. aromatic or heterocyclic)



(1-Naphthyl-
N-methylcarbamate)

Carbaryl

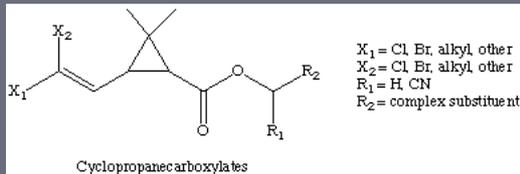
Insecticides carbamates

- Propriétés
 - Solubilité variable: 4 (Triallate) à 10000 (Méthomyl) mg/L
 - Aldicarb, carbofurane = insecticides systémiques
 - Application: idem OP

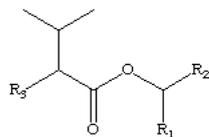
Insecticides carbamates

- Utilisation
 - Années '50
 - Insecticides, nématicides, molluscicides
 - Utilisation en France en augmentation (2002-2004: +66%; 2004: 1119 T)

Insecticides pyréthrinoïdes

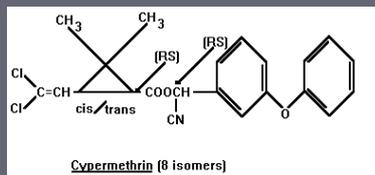


$X_1 = \text{Cl, Br, alkyl, other}$
 $X_2 = \text{Cl, Br, alkyl, other}$
 $R_1 = \text{H, CN}$
 $R_2 = \text{complex substituent}$



$R_1 = \text{H, CN}$
 $R_2 = \text{complex substituent}$
 $R_3 = \text{aryl}$

- Esters d'acide organique et base organique
- Naturels: pyrèthres des fleurs de *Chrysanthemum sp*
- Synthèse

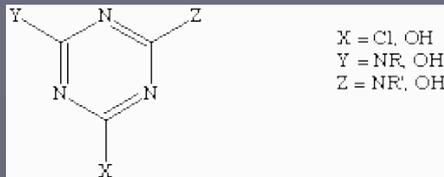


Cypermethrine

Insecticides pyréthrinoïdes

- Propriétés
 - Solubilité très faible (cyperméthrine: 0,01 - 0,2 mg/L)
 - Non systémiques
 - Applications: émulsions en aérosols
- Utilisation
 - Années '70
 - Insecticides, e.a. vecteurs de maladies tropicales
 - Insecticides les plus employés en EU (France 2004: 226T mais dosage très faible: 10g mat active/ha)

Herbicides triazines



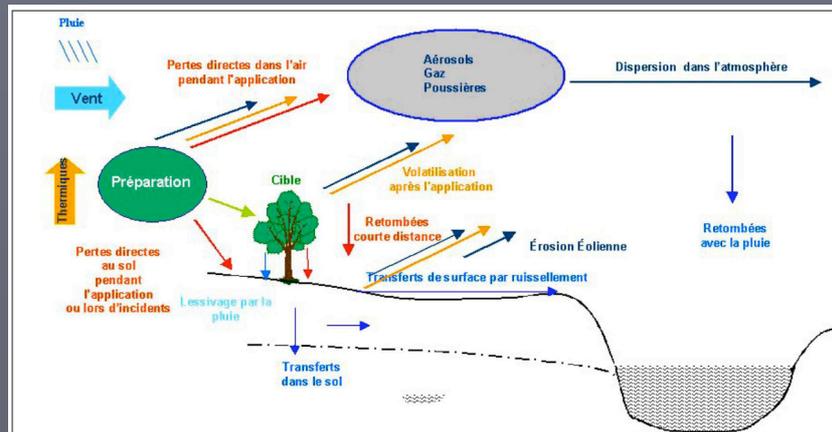
- Hétérocycle azoté et substitué



Herbicides triazines

- Propriétés
 - Solubilité: 3 (simazine) à 1800 (métamitron) mg/L (atrazine: 33 mg/L)
 - Application: suspension en aérosol, granules
- Utilisation
 - Inhibiteurs du transport des électrons du photosystème II
 - Principal herbicide employé aux USA: 30 à 60.000 tonnes/an
 - Interdit en France depuis 1990

Devenir dans les écosystèmes



Devenir dans les écosystèmes

- **Solubilité**
 - **Hydrophiles: solubles dans l'eau interstitielle**
 - Lessivage
 - Transport par les aquifères selon teneur en eau interstitielle: risque accru lors d'épandage sur sol humide
 - Biodisponibilité élevée
 - **Hydrophobes: adsorbés sur colloïdes (argiles, MO)**
 - Mouvements moindres
 - Transport sous forme particulaire
 - Biodisponibilité réduite

Devenir dans les écosystèmes

- Pression de vapeur
 - Passage vers l'atmosphère
- Stabilité chimique: hydrolyse, oxydation, isomérisation

Devenir dans les écosystèmes

Organophosphorés	<ul style="list-style-type: none">▪ Stables à pH neutre▪ Photolyse rapide (fénitrothion $\tau_{1/2} = 10\text{h}$)▪ Peu mobiles▪ Persistance faible (<3mois) ex: fénitrothion $\tau_{1/2}$ FW < 1j; $\tau_{1/2}$ séd = 1,5j
Carbamates	<ul style="list-style-type: none">▪ Stables à pH acide et neutre▪ Mobilité faible à moyenne▪ Persistance faible (<3 mois)

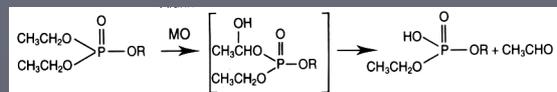
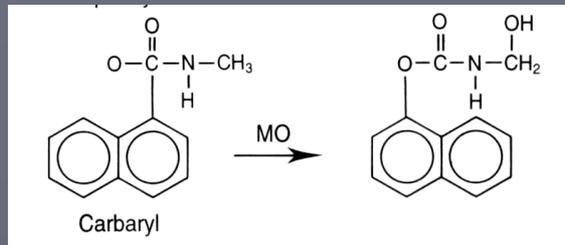
Devenir dans les écosystèmes

Pyréthroïdes	<ul style="list-style-type: none">▪ Stables à pH acide et neutre▪ Persistance très faible▪ Très peu mobiles
Triazines	<ul style="list-style-type: none">▪ Stables à tout pH▪ mobilité élevée▪ Persistance élevée: >1 an toujours détectées en France 14 ans après leur interdiction

Devenir dans les organismes

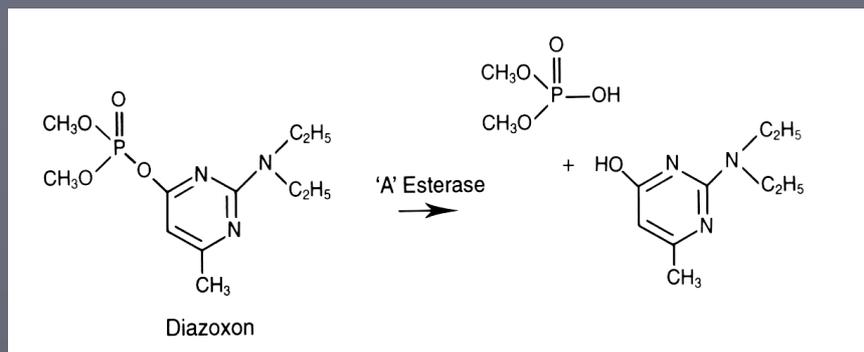
- Bioconcentration (ex: bivalves fénithroton 200)
- Pas de bioamplification
- Détoxication par enzymes de Phase I

Détoxication: Phase I



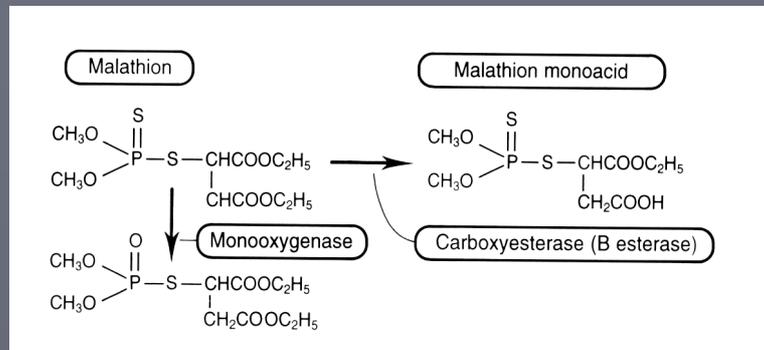
- OP avec group P=O et carbamates: monooxygénase microsomiale
 - Mammifères, faible chez les poissons

Détoxication: Phase I



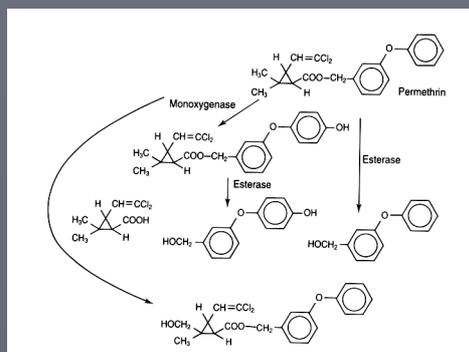
- OP avec groupe P=O: Estérases A
 - Mammifères, absentes chez les oiseaux et certains insectes

Détoxication: Phase I



- OP avec groupe P=S
 - Estérases B (carboxyestérase)
 - Plupart des taxons
 - Monooxygénase: désulphurisation oxydation (P=O): inhibition MO par S
 - Risque d'activité synergique si autre inducteur MO

Détoxication: Phase I



- Pyréthrinoïdes
 - Monooxygénase (hydroxylation des parties alcool et acide)
 - Estérases B (carboxyl estérase)
 - Carboxyl ester lipoph hydrolisés en acide et alcool
 - Plupart des taxons
 - Inhibées par organophosphates

Toxicité

- OP et carbamates insecticides
 - Inhibiteurs de l'acétylcholine estérase
 - Sur-stimulation de récepteurs synaptiques de l'AChE
 - Jonctions neuro-musculaires: tétanie

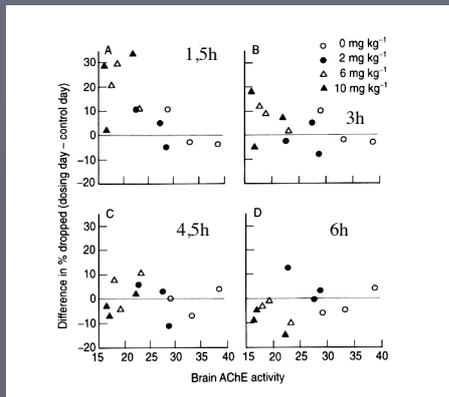
Rem: Carbamates herbicides et fongicides ne sont pas des inhibiteurs de l'AChEs

Toxicité

- Pyréthriinoïdes
 - Perturbation des canaux sodium
 - Fermeture retardée lors des potentiels d'action
 - Multiplication des potentiels d'action en réponse à un seul stimulus
 - Mouvements musculaires incontrôlés (tremblements)

Effets sur les vertébrés

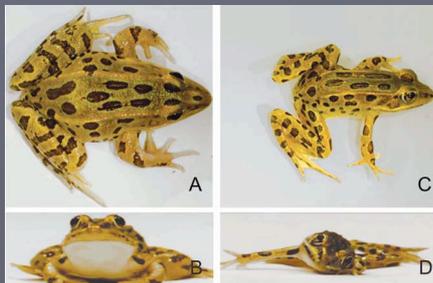
- Effets neurotoxiques
 - OP et carbamates
 - Réponses comportementales chez les mammifères et oiseaux quand l'activité AChEs < 50% normale



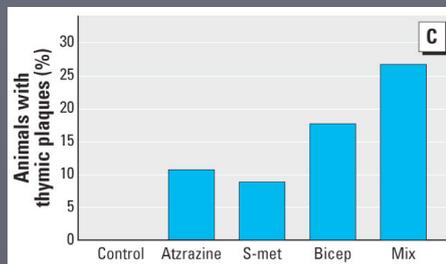
- Ex: mauvaise manipulation des graines par le Moineau domestique (t après administration)

Effets sur les vertébrés

- Effets immunotoxiques
 - Atrazines, synergie en mélanges (herbicides, fongicides, insecticides) en concentrations usuelles:
 - *Rana pipiens*: 70 % Méningite, otite, septicémie (*Chryseobacterium meningosepticum*), dommages au thymus



Post-métamorphiques traités (C,D) et non traités (A,B) par un mélange de 9 pesticides

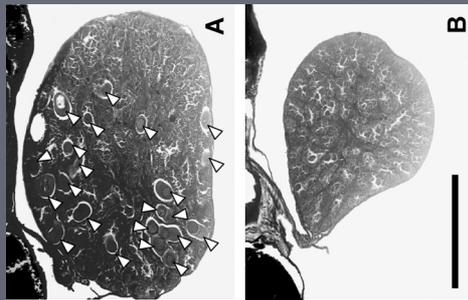


Développement de plaques thymiques en fonction du traitement

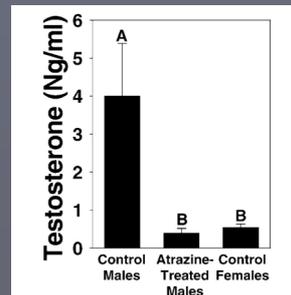
Hayes et al 2006

Effets sur les vertébrés

- Perturbation endocrinienne
 - Atrazine
 - Induit la féminisation dans toutes les classes de vertébrés, homme inclus!
 - Ex: hermaphroditisme et castration chez les anoues



Testicules de *R. pipiens* de zones contaminées (A) et non contaminées (B)



Effet de 46j d'exposition à l'atrazine (*X. laevis*)

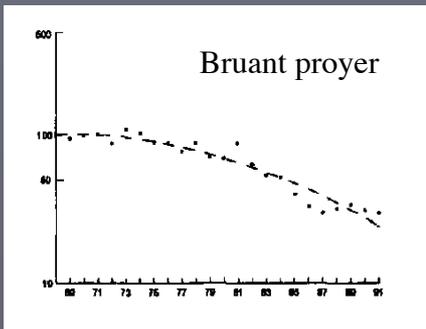
Conséquences

- Traitements des forêts du New Brunswick (CA) par les OP 67M ha
 - Phosphamidon 771 T épandues 1963-67: 3M oiseaux tués en 1975
 - Fenitrothion: 9 685 T épandues 1969 -92: diminution d'1/3 de la population de Bruants à gorge blanche dans les zones traitées



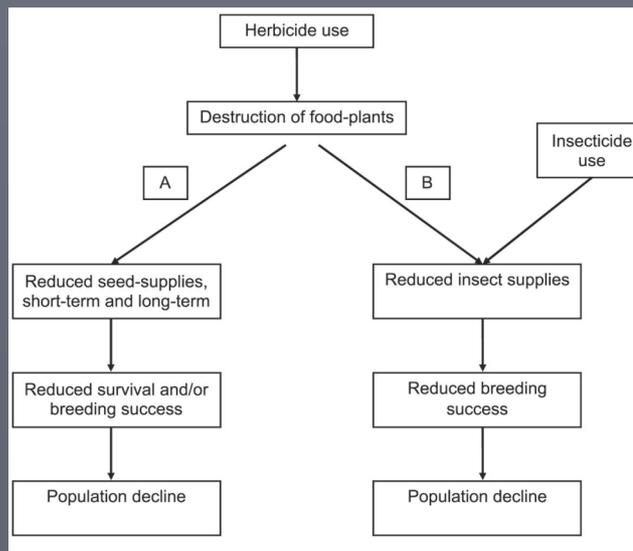
Conséquences

- Effondrement des populations de certains oiseaux des zones agricoles



Conséquences

- Effets sur les oiseaux des zones agricoles
 - A: Moineau friquet, Bruant jaune
 - B: Perdrix grise
 - A & B: Bruant proyer



Conséquences

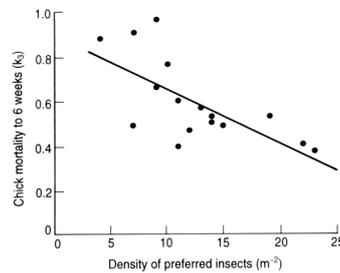
- Perdrix grise: mortalité des poussins par manque d'insectes

Table 12.1 Comparison of mortality rates in stable and declining populations \pm standard errors^{a,b}

	Populations	
	Stable (21)	Declining (20)
Nest loss	$(k_1 + k_2)$	0.26 \pm
Chick mortality	k_3	0.29 \pm
Shooting mortality	k_4	0.07 \pm
Winter loss	k_5	0.38 \pm
Total loss		1.00

^a The last column gives the results of statistical tests for stable and declining populations.

^b From Potts (1986).



Conséquences humaines

- Effets aigus
 - Principalement OP chez agriculteurs, contact cutané suffisant (paralysies, décès)
- Effets chroniques
 - Difficile à mettre en évidence
 - Epidémiologie
 - Souvent centrés sur symptômes cliniques (mais causes multiples), ou statistiques de décès/longévité

Conséquences humaines

- Exemple: Leucémie infantile associée à l'exposition de la mère durant la grossesse à des pesticides domestiques (Infante-Rivard et al 1999)
 - Risque relatif pour les sujets exposés par rapport aux sujets non exposés (risque =1): « odd ratio »

Conséquences humaines

TABLE 4. Adjusted* Odds Ratios and 95% Confidence Intervals for Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia in Relation with Maternal Frequency of Use† of Pesticides in the Garden, the Yard, and on Interior Plants

	Controls	Cases		
No exposure	451	425	1.00	
1-5 times	36	56	1.65	1.07-2.54
>5 times	2	6	3.27	0.64-16.69
Repellents and sprays against outdoor insects				
No exposure	427	443	1.00	
1-5 times	24	16	0.47	0.21-1.05
>5 times	15	17	1.06	0.52-2.13

Les pollutions domestiques sont actuellement le principal facteur de contamination humaine par les pesticides en dehors des grandes zones agricoles

Pour en savoir plus

- Bases de données sur les pesticides:
<http://www.inchem.org/pages/search.html>
<http://www.alanwood.net/pesticides/index.html>
- L'emploi et l'impact des pesticides agricoles en France
http://www.inra.fr/l_institut/missions_et_strategie/les_missions_de_l_inra/eclairer_les_decisions/pesticides_agriculture_et_environnement (rapport pdf disponible en ligne, très complet)
- Pesticides et cancer: Newby et al 2005.
Environmental influences in cancer aetiology.
J. Nutr. Environ. Med: 15: 56-114 (disponible en ligne)