

Proposition de classification unifiée des pesticides

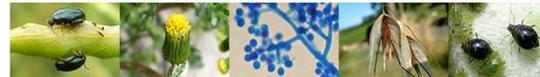
Réseau R4P

contact-r4p@inra.fr

www.inra-r4p.fr

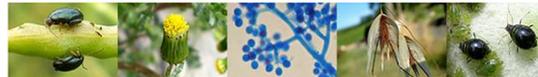
 R4P_network

Fichiers : <https://osf.io/ubhr5/>



Contexte

- La gestion des résistances repose sur une connaissance détaillée des pressions de sélection exercées par les pesticides.
- La généralisation du concept « One Health » implique de raisonner globalement et de connaître l'exposition aux pesticides dans les différents compartiments biologiques.
 - Besoin d'une compréhension claire des modes d'action, en une classification simple.



Classer les pesticides

- Classifications actuelles : selon l'usage des pesticides



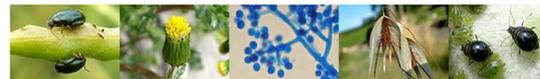
- Clés communes de classification:

1. Mode d'action biochimique

(dans la plupart des cas, la toxicité d'un pesticide résulte de son interaction avec une protéine cible; une résistance croisée positive est en général observée entre SA de même mode d'action, en cas de résistance liée à la cible)

2. Classe chimique

(la résistance croisée positive liée à la cible peut concerner diverses SA de classes chimiques différentes mais présentant le même mode d'action)

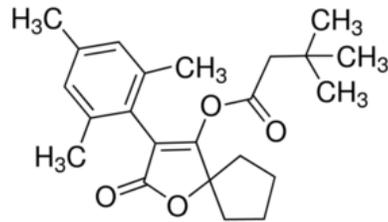


Limites aux classifications actuelles

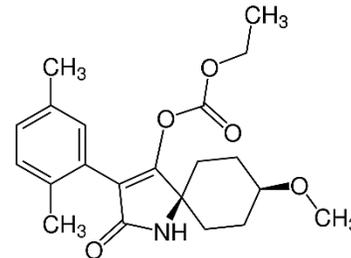
- Un mode d'action donné a des codes *différents* dans les classifications *indépendantes* (raisons historiques)

- Exemple:

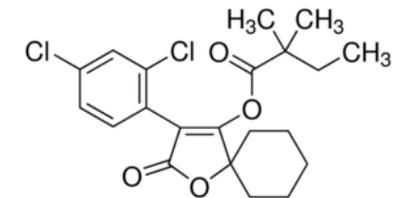
Insecticides inhibiteurs de l'ACCase (Code IRAC: 25)



Spiromésiène

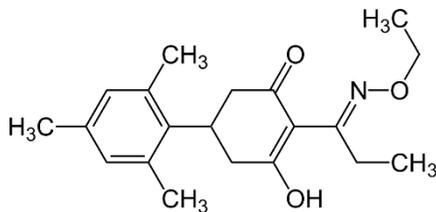


Spirotétramat

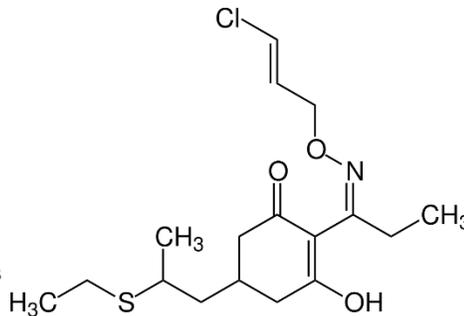


Spirodiclofène

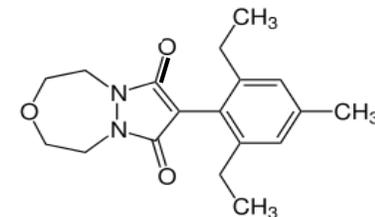
Herbicides inhibiteurs de l'ACCase (Code HRAC: A; Code WSSA: 1)



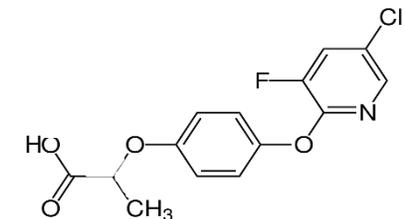
Tralkoxydime



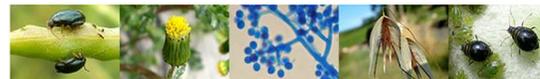
Cléthodime



Pinoxaden-dione
(forme active du pinoxadène)

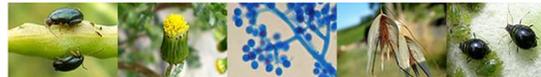


Clodinafop

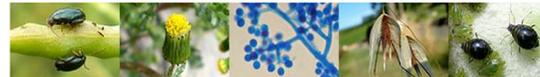


Proposition de classification unique par R4P

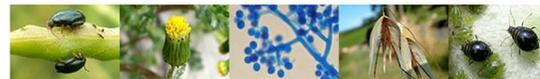
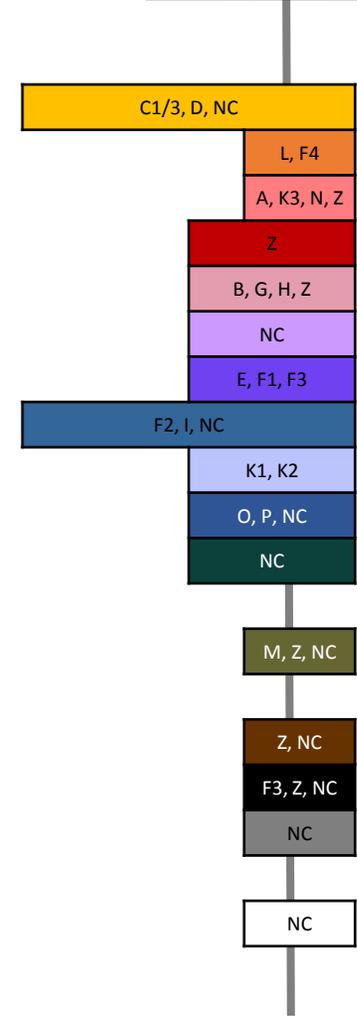
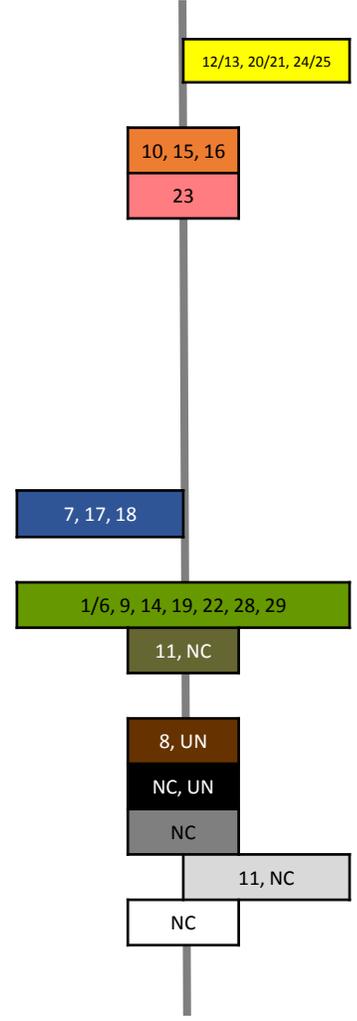
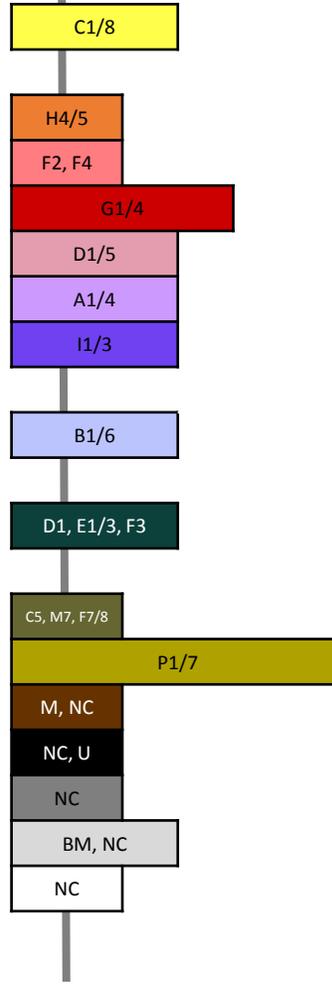
One classification to group them all,
One classification to find them,
One classification to display them all,
For the darkness of Resistance to enlighten.



Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

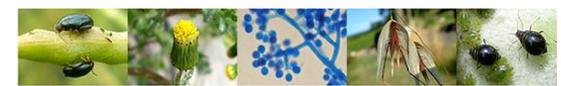
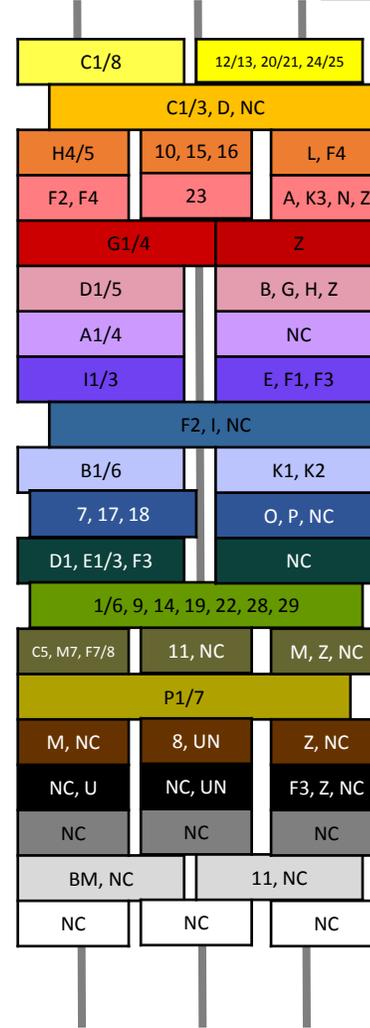


Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité



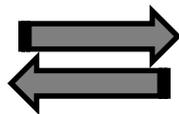
COLLOQUE RÉSISTANCE AUX PESTICIDES 14 ET 15 FÉVRIER 2019 À MONTRÉAL

Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

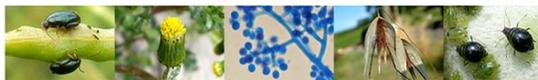


Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

U-A1/12
U-B1/4
U-C1/7
U-D1/4
U-E1/5
U-F1/7
U-G1/5
U-H1/6
U-I/4
U-K1/6
U-L1/8
U-M1/4
U-N1/13
U-O1/5
U-S1/9
U-W
U-X
NC
U-Y
U-Z

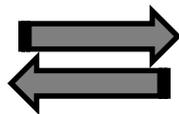


C1/8	12/13, 20/21, 24/25	
C1/3, D, NC		
H4/5	10, 15, 16	L, F4
F2, F4	23	A, K3, N, Z
G1/4	Z	
D1/5	B, G, H, Z	
A1/4	NC	
I1/3	E, F1, F3	
F2, I, NC		
B1/6	K1, K2	
7, 17, 18	O, P, NC	
D1, E1/3, F3	NC	
1/6, 9, 14, 19, 22, 28, 29		
C5, M7, F7/8	11, NC	M, Z, NC
P1/7		
M, NC	8, UN	Z, NC
NC, U	NC, UN	F3, Z, NC
NC	NC	NC
BM, NC	11, NC	
NC	NC	NC

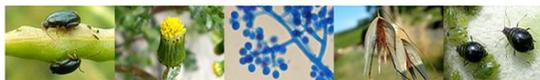


Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

Use	U-A1/12
	U-B1/4
	U-C1/7
	U-D1/4
	U-E1/5
	U-F1/7
	U-G1/5
	U-H1/6
	U-I/4
	U-K1/6
	U-L1/8
	U-M1/4
	U-N1/13
	U-O1/5
	U-S1/9
	U-W
	U-X
	NC
	U-Y
	U-Z

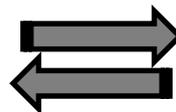


C1/8	12/13, 20/21, 24/25	
C1/3, D, NC		
H4/5	10, 15, 16	L, F4
F2, F4	23	A, K3, N, Z
G1/4	Z	
D1/5	B, G, H, Z	
A1/4	NC	
I1/3	E, F1, F3	
F2, I, NC		
B1/6	K1, K2	
7, 17, 18	O, P, NC	
D1, E1/3, F3	NC	
1/6, 9, 14, 19, 22, 28, 29		
C5, M7, F7/8	11, NC	M, Z, NC
P1/7		
M, NC	8, UN	Z, NC
NC, U	NC, UN	F3, Z, NC
NC	NC	NC
BM, NC	11, NC	
NC	NC	NC

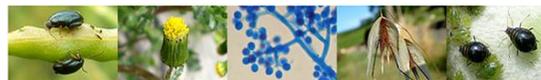


Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

Registration in France	Use	U-A1/12
		U-B1/4
		U-C1/7
		U-D1/4
		U-E1/5
		U-F1/7
		U-G1/5
		U-H1/6
		U-I/4
		U-K1/6
		U-L1/8
		U-M1/4
		U-N1/13
		U-O1/5
		U-S1/9
		U-W
		U-X
		NC
		U-Y
		U-Z



C1/8	12/13, 20/21, 24/25	
C1/3, D, NC		
H4/5	10, 15, 16	L, F4
F2, F4	23	A, K3, N, Z
G1/4	Z	
D1/5	B, G, H, Z	
A1/4	NC	
I1/3	E, F1, F3	
F2, I, NC		
B1/6	K1, K2	
7, 17, 18	O, P, NC	
D1, E1/3, F3	NC	
1/6, 9, 14, 19, 22, 28, 29		
C5, M7, F7/8	11, NC	M, Z, NC
P1/7		
M, NC	8, UN	Z, NC
NC, U	NC, UN	F3, Z, NC
NC	NC	NC
BM, NC	11, NC	
NC	NC	NC

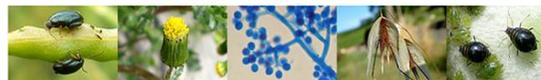


Respiration mitochondriale et production d'énergie
Photosynthèse
Métabolisme glucidique
Métabolisme lipidique
Métabolisme stérolique
Biosynthèse des acides aminés et protéines
Biosynthèse des acides nucléiques et précurseurs
Biosynthèse des pigments
Biosynthèse des coenzymes
Division cellulaire et cytosquelette
Régulation hormonale
Signalisation cellulaire
Système nerveux et muscles des arthropodes
Intégrité de la membrane cellulaire
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes
Inhibiteurs multisites
Mode d'action inconnu
Non classé
Pesticides microbiens
Modulateurs de la toxicité

Resistance status, mecanisms and cross-resistance	Registration in France	Use	U-A1/12
			U-B1/4
			U-C1/7
			U-D1/4
			U-E1/5
			U-F1/7
			U-G1/5
			U-H1/6
			U-I/4
			U-K1/6
			U-L1/8
			U-M1/4
			U-N1/13
			U-O1/5
			U-S1/9
			U-W
			U-X
			NC
			U-Y
			U-Z



C1/8	12/13, 20/21, 24/25	
C1/3, D, NC		
H4/5	10, 15, 16	L, F4
F2, F4	23	A, K3, N, Z
G1/4	Z	
D1/5	B, G, H, Z	
A1/4	NC	
I1/3	E, F1, F3	
F2, I, NC		
B1/6	K1, K2	
7, 17, 18	O, P, NC	
D1, E1/3, F3	NC	
1/6, 9, 14, 19, 22, 28, 29		
C5, M7, F7/8	11, NC	M, Z, NC
P1/7		
M, NC	8, UN	Z, NC
NC, U	NC, UN	F3, Z, NC
NC	NC	NC
BM, NC	11, NC	
NC	NC	NC



Codage R4P

Exemple de code R4P

Indique que le code est extrait de la classification unifiée

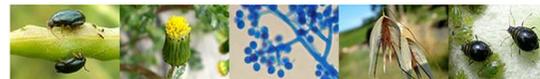
U-A1b

Optionnel:
Lettre minuscule correspondant à la classe chimique

Lettre majuscule indiquant le processus vital affecté

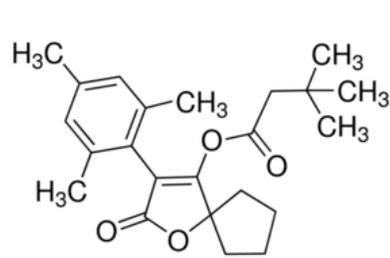
Chiffre correspondant à la cible primaire, et si nécessaire, aux modalités d'interaction entre la cible et l'inhibiteur

Dans cet exemple, le code U-A1b correspond aux inhibiteurs de la respiration mitochondriale et de la production d'énergie (A), se liant aux complexe I (zone de fixation de l'ubiquinone impliquant la sous-unité PSST) (1), représentés chimiquement par des hétérocycles di-azotés (b). Ces substances actives peuvent être des fongicides (code FRAC C1 / 39) ou des insecticides (code IRAC 21A).

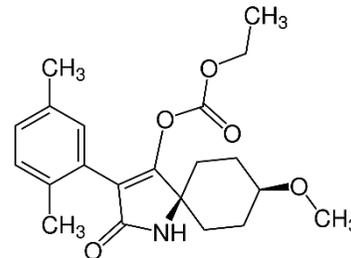


Exemple

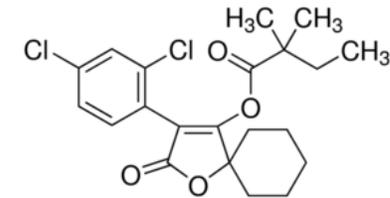
Insecticides inhibiteurs de l'ACCase (Code IRAC: 25; Code R4P: U-D1)



Spiromesifène
(U-D1b)

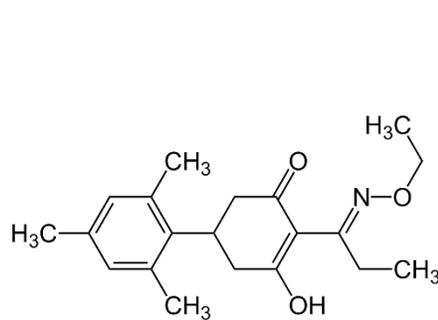


Spirotetramat
(U-D1b)

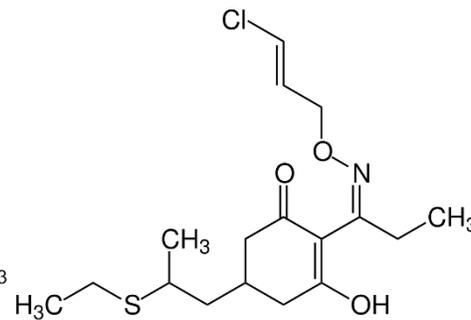


Spirodiclofène
(U-D1b)

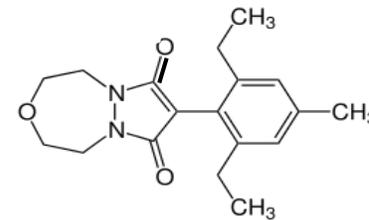
Herbicides inhibiteurs de l'ACCase (Code HRAC: A; Code WSSA: 1; Code R4P: U-D1)



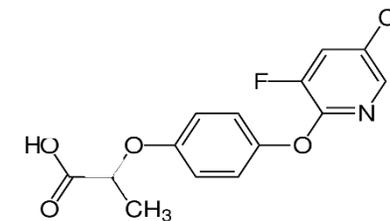
Tralkoxydime
(U-D1b)



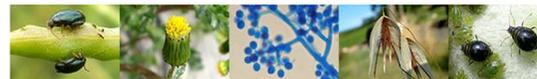
Cléthodime
(U-D1b)



Pinoxaden-dione
(forme active du pinoxadène)
(U-D1b)

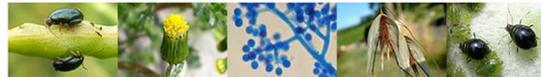


Clodinafop
(U-D1a)



Informations complémentaires

- Exhaustivité des solutions de biocontrôle
- Détails sur:
 - Les spectres d'activité
 - L'homologation en France (*peut être adapté à d'autres pays, au monde*)
 - Statut de la résistance (en France / dans le monde)
 - Mécanismes de résistance
 - Résistances croisées



Extrait (ex. fongicides)

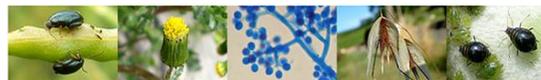
Description du mode d'action

Description de la classe chimique et des SA

Equivalence des codes

Mode d'action biochimique			Classes chimiques			Code FRAC			Usage				Résistance liée à la cible			Résistance non liée à la cible			Mécanisme de résistance inconnu												
Fonctions ou structures majeures	Cibles ou sites biochimiques et mécanismes d'action	Abréviations des inhibiteurs	principales	secondaires	Substances actives	Code R4P	Cible	Code	Oomycota	Ascomycota	Adelomycota	Basidiomycota	Autres	Homologation en France	Date première homologation	Date retrait homologation	Présence de souches résistantes en France chez au moins une espèce	Présence de souches résistantes hors France chez au moins une espèce		Mécanisme de résistance	Résistance croisée positive	Résistance croisée négative	Mécanisme de résistance	Résistance croisée positive	Résistance croisée négative						
A - Respiration mitochondriale et production d'énergie	A5 - Complexe mitochondrial III ou cytochrome bc1 - zone de fixation de l'ubiquinone sur la face externe du cytochrome b, proche de l'hème bl	QoI-P	Strobilurines de synthèse	Méthoxy-acétamides	mandestrobine	U-A5	C3	11	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
					azoxystrobine				+	+	+	-	+	1997	-	+	+														
				Méthoxy-acrylates	coumoxystrobine						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					énoxystrobine						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					flufénoxystrobine						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					picoxystrobine				-	+	+	-	-	2002	2017	+	+														
					pyraoxystrobine				+	+	+	-	-	-	-	-	-														
					pyraclostrobine				+	+	+	-	+	2002	-	+	+														
				Méthoxy-carbamates	pyramétostrobine				+	+		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					tricyprodicarb						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Méthoxy-imino-acétamides				dimoxystrobine	-	+	-	-	+	2009	-	+	+													
									fénaminostrobine			-	-	-	-	-	-	-													
				Méthoxy-imino-acétates	métaminostrobine				-	+	-	-	-	-	-	-	-														
					oryzastrobine				-	+	+	-	-	-	-	-	-														
			krésoxim-méthyle		-	+	-	-	+	1997	-	+	+																		
			Autres structures	Méthoxy-imino-acétates	trifloxystrobine	+	+	+	-	+	2001	-	+	+																	
					fluoxystrobine	+	+	+	-	+	2006	-	+	+																	
				Benzyl-carbamates	pyribencarbe		+		-	-	-	-	-																		
				Imidazolinones	fénamidone	+	(+)	-	-	+	2000	2012	+	+																	
				Oxazolinédiones	famoxadone	+	+	(+)	-	+	1998	-	+	+																	

Usages Homo- Statut Mécanismes de résistance et
logation Res. résistance croisée



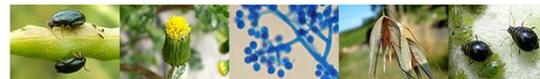
En résumé...



En vue de faciliter la surveillance et la gestion des effets non intentionnels des pesticides, et en particulier de la résistance, cette nouvelle classification :

- Est universelle, exhaustive, intégrée, “Tout-en-un”, intuitive,
- Est compatible avec les classifications existantes,
- Intègre les solutions de biocontrôle,
- Apporte une description des usages et du statut réglementaire des SA en France,
- Apporte une description du statut des résistances, des mécanismes de résistance, des spectres de résistance croisée,
- Adaptable aux innovation futures, et aux variations nationales de l’homologation et de l’état des résistances,
- Est indépendante, collaborative et publique : <https://osf.io/ubhr5/>

Voir article de vulgarisation dans *Phytoma* 716: 42-46 (2018)



Merci de votre attention

