



Produits phytopharmaceutiques et mortalité des perdrix grises au printemps-été : apports de l'étude PeGASE

FLORIAN MILLOT¹,
PHILIPPE BERNY²,
ANOUC DECORS³,
ELISABETH BRO¹

¹ ONCFS, CNERA Petite faune sédentaire de plaine – Saint-Benoist, Auffargis.

² VetAgro Sup, campus vétérinaire de Lyon – Marcy-l'Étoile.

³ ONCFS, Unité sanitaire de la faune – Saint-Benoist, Auffargis.

Le suivi de terrain a été réalisé par les fédérations des chasseurs du collectif PeGASE 14, 27, 28, 41, 45, 51/Champagne-Ardenne 59, 61, 76, 77, 78/ Île-de-France, 80.



Nichant au sol et principalement dans les cultures, la perdrix grise est très exposée aux pesticides.

L'impact des pesticides sur l'environnement : un sujet d'actualité

Conflits d'intérêts, lacunes dans l'évaluation des risques pour les abeilles liés à l'usage des insecticides néonicotinoïdes, ou dans celle des effets à long terme des produits phytopharmaceutiques (PPP)... Voilà autant de sujets qui ont récemment fait partie de l'actualité. Toutes ces nouvelles, objets de débats passionnés, montrent combien il est devenu important aux yeux de la société d'évaluer tous les effets « inattendus » liés à l'usage de ces produits.

Plus généralement, la préservation de la biodiversité est devenue une préoccupation majeure. En Europe de l'Ouest, celle liée au milieu agricole a d'ailleurs largement régressé au cours des dernières décennies, comme en témoignent les suivis à long terme des oiseaux communs (PECBMS, 2012). Un récent travail mené à l'échelle européenne suggère à nouveau les effets négatifs des PPP sur la biodiversité aviaire agricole (Geiger *et al.*, 2010). En ce qui concerne la France, la plaine céréalière du

L'étude des effets non intentionnels (ENI) des produits phytopharmaceutiques (PPP) sur l'environnement et la santé publique est un véritable sujet d'actualité ; en témoignent les articles de presse qui en font régulièrement état. L'un des volets de l'étude PeGASE (cf. Faune sauvage n° 298) était justement d'étudier avec plus de précision ces possibles ENI sur les populations de perdrix grises, que ce soit en termes de mortalité directe ou indirecte. Quelques éléments de réponses sont ainsi apportés aux nombreuses questions que se posent les gestionnaires cynégétiques sur cette thématique encore peu documentée.

Bassin parisien est un milieu dans lequel l'usage des PPP est important (Butault *et al.*, 2010). La biodiversité qui la compose peut donc être fortement exposée à ces produits. Par conséquent, il apparaît comme nécessaire d'étudier les éventuels effets de ces derniers sur les espèces inféodées à ce milieu.

La perdrix grise : un bon modèle d'étude

La perdrix grise apparaît comme un modèle de choix pour étudier cette problématique. En effet, espèce typique et emblématique de la plaine céréalière, elle a aussi été concernée par le déclin qui a frappé les oiseaux inféodés au milieu agricole. Par

ailleurs, cet oiseau sédentaire qui niche au sol et principalement dans les cultures est, de ce fait, particulièrement exposé aux PPP. Son régime alimentaire varié (fragments végétaux, graines, insectes) l'expose potentiellement, aussi bien aux traitements de semences qu'aux résidus de pulvérisations se trouvant sur les végétaux ou les insectes.

De plus, des cas de mortalité par intoxication continuent à être détectés chaque année par le réseau SAGIR (Decors *et al.*, 2011). Si ce réseau permet d'alerter sur l'occurrence d'effets létaux (mortalité) ou sur le comportement des oiseaux (désorientation, difficulté à s'envoler, etc.), il ne permet d'estimer ni l'ampleur du phénomène détecté ni son impact sur la dynamique d'une population.

PeGASE, une approche originale

Le volet scientifique de l'étude PeGASE (Bro & Millot (coord.), 2013) était d'étudier les possibles effets aigus (mortalité directe) ou à court terme (affaiblissement de l'animal quelques jours après une exposition et favorisant sa mort) sur la survie des perdrix adultes durant le printemps-été.

En combinant du radio-pistage, une enquête auprès des agriculteurs, des autopsies et des analyses de résidus, nous avons pu déterminer à quels PPP les perdrix avaient été potentiellement exposées¹ jour après jour, suivre le devenir de ces oiseaux (survie/mort) et, pour ceux qui étaient morts, orienter la recherche sur des substances actives.

Le partenariat avec les agriculteurs, un préalable indispensable

Une étape indispensable à ce travail était donc de pouvoir décrire, quantifier et localiser à la parcelle et à la journée les opérations techniques agricoles, en particulier l'emploi des PPP. Pour cela, un partenariat a été noué avec les agriculteurs qui ont accepté de nous fournir le détail des travaux réalisés sur chacune de leur parcelle (labour, semis, irrigation, récolte, broyage, CIPAN...), y compris les intrants utilisés (type, nom commercial, dose, date d'épandage, etc.).

En 2010 et 2011, ce sont respectivement 114 et 96 agriculteurs qui ont ainsi participé à l'enquête, représentant environ 7 500 hectares (environ 1 100 parcelles) et 5 500 hectares (environ 950 parcelles), soit environ 50 % et 40 % de la surface totale de l'étude.

¹ On entend ici par exposition potentielle à un PPP le fait qu'une perdrix ait fréquenté une parcelle dans les dix jours qui ont suivi l'utilisation de ce PPP (pulvérisation, semis dans le cas de traitements de semences, etc.).



La collaboration des agriculteurs a été déterminante dans la réalisation de l'étude.

Un suivi télémétrique intensif...

Pas moins de 529 perdrix équipées d'un émetteur ont été localisées deux fois par jour (matin et après-midi). Grâce à un détecteur de mortalité placé sur l'émetteur, les cadavres ont pu être collectés dans un délai de 6 à 12 heures après la mort de l'individu. L'objectif était de limiter les phénomènes de putréfaction et de nécrophagie. Quand leur état le permettait, les cadavres ont été envoyés à un laboratoire d'analyses vétérinaires pour être autopsiés (protocole SAGIR), et pour que des organes soient systématiquement envoyés au laboratoire Biolitycs (VetAgroSup, Lyon) pour des recherches en toxicologie.

... mais des analyses portant sur seulement un tiers des cadavres

Sur les 261 cas de mortalité recensés durant le printemps-été, 114 (44 %) ont été envoyés à un laboratoire. Parmi ces derniers, 60 cadavres étaient intacts, 39 partiels (absence de quelques organes et/ou de chair) et 15 juste qualifiés « d'os et de plumes » avec dans certains cas la présence de la tête seulement. Cependant, seuls 94 cadavres (présence d'échantillons biologiques en quantité suffisante) ont pu être analysés. Ce résultat montre que, malgré un suivi très lourd, il reste très difficile de pouvoir récolter des cadavres dans un état permettant des analyses ; ce qui contribue à la difficulté d'étudier ce sujet.

Des analyses de résidus ciblées sur les dix derniers jours de vie

Connaissant la localisation des oiseaux et le détail des interventions agricoles à la parcelle, nous avons pu déterminer à quels PPP les perdrix avaient été potentiellement exposées durant les dix jours précédant leur mort et, par suite, cibler les analyses de résidus (*figure 1*). Plusieurs méthodologies analytiques ont ainsi été utilisées en fonction de la spécificité de la famille chimique à rechercher, allant de l'analyse spécifique (pyréthrinoïdes) au « screening » large (herbicides).

La proportion de morts parmi les oiseaux exposés : une information complémentaire

La détection de substances dans les tissus d'animaux ne suffit pas en soi à conclure que la mortalité est due à une intoxication. Le diagnostic toxicologique repose sur une démarche éco-épidémiologique (*voir l'article de Decors et al. dans ce numéro*). Par contre, la mise en évidence d'une substance dans l'organisme permet de conclure, soit à une exposition (détection dans le contenu digestif), soit à une imprégnation tissulaire (détection dans des organes). À l'inverse, la non-détection d'une substance ne signifie pas forcément que celle-ci n'est pas présente ou ne l'a pas été ; des questions de sensibilité analytique et/ou de rapidité de métabolisation peuvent empêcher la détection.

Selon le même principe que pour le ciblage des analyses de résidus décrit ci-avant, nous avons déterminé, pour chaque substance active, le nombre d'oiseaux ayant survécu plus de dix jours après leur exposition potentielle à cette substance. Ainsi, nous avons pu calculer la proportion d'individus morts parmi ceux exposés. L'objectif était de détecter les éventuelles substances associées à un taux de mortalité considéré comme « élevé » dans les dix jours suivant l'exposition potentielle. Le rôle de ce paramètre est d'apporter une information supplémentaire concernant l'impact possible d'un PPP sur la survie des perdrix.

Une diversité de substances actives utilisées

En 2010 et 2011 respectivement, 198 et 194 substances actives différentes ont été utilisées du 15 janvier au 31 août pour protéger 30 cultures. 81 % des substances utilisées en 2010 l'ont aussi été en 2011. Leur panel n'a donc pas fortement changé d'une année à l'autre. En cumulant les deux années, cela donne un total de 217 substances différentes. Cette diversité s'est retrouvée au sein même des sites d'étude et était davantage liée au nombre d'agriculteurs enquêtés qu'au nombre de cultures différentes.

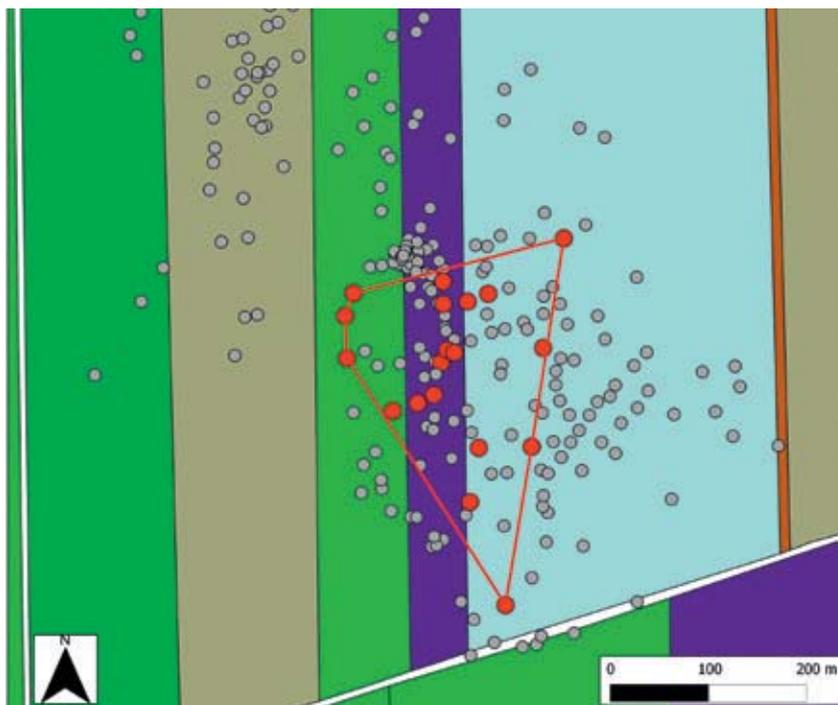
Ce nombre de 217 substances est à mettre en relation avec les 319 substances actuellement disponibles en France (cf. base Agritox, mise à jour du 29/01/2013). À l'échelle du Bassin parisien, les perdrix ont donc pu être exposées à environ deux tiers² d'entre elles.

Cette diversité rappelle que les scénarios d'exposition sont complexes et que les individus peuvent être exposés sur une courte période à un nombre parfois important de PPP, qui peuvent ou non avoir des effets cumulatifs. De fait, l'étude, sur le terrain, des ENI de ces PPP sur les espèces non-cibles est tout aussi complexe.

Peu de substances dangereuses pour la survie des oiseaux

Afin de pouvoir graduer le caractère « toxique » des substances actives identifiées, nous avons recherché pour chacune d'elles des informations concernant à la fois leur danger (DL50) et leur risque (Tier 1 aigu) – (encadré 1). Ce travail a montré que la grande majorité des substances utilisées durant cette étude ne présentait pas une forte toxicité aiguë (effet mortel) pour les oiseaux. Ce résultat est concordant avec la réglementation, qui tend à réduire l'usage de ce type de substances.

Figure 1 Détermination de l'exposition potentielle aux PPP des perdrix radiopistées 10 jours avant leur mort.



Zone d'activité 10 jours avant la mort

- Localisations bi-journalières
 - Localisations antérieures aux 10 jours précédant la mort
 - Localisations durant les 10 jours précédant la mort
- Assolement
- | | |
|------------------|------------------|
| ■ Bois | ■ Pois |
| ■ Blé hiver | ■ Bande enherbée |
| ■ Colza | ■ Betterave |
| ■ Luzerne | ■ Chemin |
| ■ Orge printemps | |



Un détecteur de mortalité placé sur l'émetteur permettait de retrouver les cadavres dans un délai de quelques heures. Malgré cela, seul un tiers d'entre eux se sont avérés exploitables pour les analyses.

© F. Weber

² La liste des substances actives disponibles sur le site Agritox à la date du 29-01-2013 n'est pas exactement la même que celles disponibles lors du suivi PêGASE en 2010 et 2011. Certaines substances ont été retirées, d'autres ajoutées. Néanmoins, cela nous donne une bonne idée du nombre de substances actives autorisées en France en 2010 et 2011.

Des niveaux de concentration proches du seuil de détection

Au total, plus d'une vingtaine de familles chimiques ont été recherchées, regroupant une cinquantaine de substances actives. Dans la plupart des cas, les concentrations retrouvées étaient proches du seuil de détection (**tableau 1**).

Les pyréthrinoides détectés dans plus de 20 % des cas

Des résidus de pyréthrinoides ont été trouvés dans 22,3 % des cadavres analysés (**tableau 1**). Les substances actives identifiées sont la téfluthrine, la cyfluthrine et la cyperméthrine. Les pyréthrinoides sont des insecticides utilisés aussi bien en

pulvérisation qu'en traitement de semences ou en micro-granulés déposés dans la raie de semis. La toxicité aiguë pour les oiseaux des substances détectées est faible à modérée. Vu leur toxicité et les concentrations retrouvées (0,01 à 0,11 µg/mg), il semble peu probable – à dire d'expert – que ces substances aient eu un effet létal sur les perdrix.

Des herbicides détectés dans six cas

Des résidus de linuron et de s-métolachlore ont été trouvés respectivement dans 1 et 5 cadavres. Ces deux substances sont des herbicides, respectivement de la famille des urées substituées et des chloro-acétamides. Leur toxicité aiguë est modérée

pour le linuron et faible pour le s-métolachlore. Les concentrations retrouvées sont proches du seuil de détection (**tableau 1**).



Autopsie d'un cadavre de perdrix grise.

Tableau 1 Détails des substances actives détectées dans les cadavres de perdrix radio-pistées au printemps-été.

Famille chimique	Utilisation	Nombre de cadavres analysés	Limites de détection (µg/g)	de cas positifs (i.e. dose ≥ limite de détection)	Substance active	DL50 oiseau (mg/kg) - (espèce)	Tier 1 aigu oiseau la plus basse (Praper EFSA)	Concentrations détectées (µg/g)
pyréthrinoides	insecticide	94	0,01	3,2	cyfluthrine	> 100 (<i>Serinus canaria</i>)	-	0,03 à 0,10
				2,1	cyperméthrine	> 10 000 (<i>Anas platyrhynchos</i>)	-	0,01
				17	téfluthrine	267 (<i>Passer domesticus</i>)	0,2	0,01 à 0,11
urée substituée	herbicide	7	0,1	14,3	linuron	314 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	0,5
chloro-acétamide	herbicide	49	0,01	10,2	s-métolachlore	> 2 510 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	0,01 à 0,05

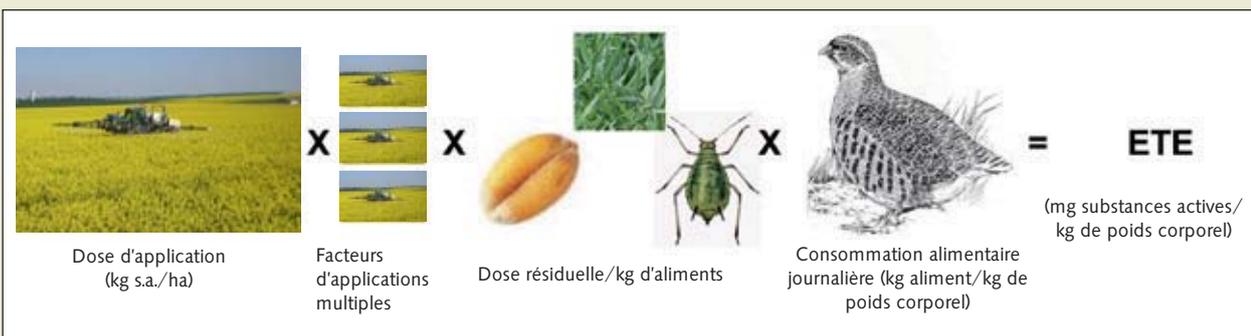
Encadré 1

Danger et risque pour les oiseaux : quelles différences ?

Le danger est la capacité intrinsèque d'une substance de causer un dommage sur la santé d'un être vivant. La DL50, dose létale entraînant une mortalité de 50 % des individus, permet de caractériser le danger d'une substance active sur leur survie (toxicité orale aiguë). Elle est déterminée *via* des expérimentations en laboratoire sous conditions contrôlées et sur des espèces standards (canard colvert, colin de virginie, caille japonaise pour les oiseaux). Une toxicité orale aiguë est considérée comme forte quand la valeur déterminée est inférieure à 100 mg/kg, moyenne entre 100 et 2 000 mg/kg et faible quand la valeur est supérieure 2 000 mg/kg. (Source : Pesticides Properties DataBase <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/index2.htm>)

Le risque lié à l'utilisation d'une substance repose sur une estimation (calcul), qui prend en compte à la fois le danger de la substance et l'exposition à celle-ci (son utilisation : dose, etc.). Le Tier 1 aigu permet d'estimer le risque lié à l'usage d'une substance sur la survie, en calculant le rapport toxicité (DL 50)/exposition théorique estimée (ETE – **schéma 1**). La valeur obtenue doit être supérieure à 10 pour conclure à un risque jugé comme acceptable.

Schéma 1 Calcul de l'exposition théorique estimée dans le cas du Tier 1 aigu oiseau.



Le plus souvent, une faible proportion de perdrix mortes

Au total, les perdrix radio-pistées ont été potentiellement exposées à 183 substances actives différentes. Dans la grande majorité des cas, la proportion de perdrix mortes est restée faible. En effet, pour seulement 5 de ces 183 substances, la proportion de morts était supérieure à 10 % et le nombre d'oiseaux potentiellement exposés supérieur à 10 (*tableau 2*).

Une exposition potentielle aux fongicides importante mais non confirmée par les analyses de résidus

Parmi les substances actives auxquelles les perdrix radio-pistées ont été le plus exposées, les fongicides sont bien représentés. En effet, 8 des 14 substances pour lesquelles plus de 100 perdrix ont été potentiellement exposées sont des fongicides, dont 5 de la famille des triazoles (*tableau 3*). Cependant, malgré une exposition potentielle particulièrement élevée durant la période de

printemps-été, aucune analyse n'a mis en évidence une quelconque imprégnation des oiseaux morts à ces substances.

Des découvertes fortuites !

Lors de la réalisation de certaines analyses (*screening large*), des substances non recherchées a priori, car plus ou moins récemment interdites, ont été détectées (*tableau 4*).

Encore du carbofuran

Cet insecticide très toxique en aigu (*tableau 4*), interdit en 2008 et utilisé principalement en traitement du sol, a été détecté dans deux cadavres. La thèse d'un usage agricole interdit est plausible. En effet, ces deux oiseaux morts à un mois d'intervalle provenaient du même site et ont fréquenté des parcelles de maïs pendant la période de semis.

Pour l'un d'eux, les signes de terrain laissaient supposer une mort, soit des suites d'une maladie, soit d'une intoxication (animal retrouvé intact, en apparence blotti). L'autopsie a révélé un processus aigu

d'origine indéterminé, donc compatible avec une intoxication. L'analyse de résidus a mis en évidence une imprégnation au carbofuran à une concentration de 0,7 µg/g, dose compatible avec la mort de cet oiseau. Pour l'autre, les signes de terrain laissaient supposer une mort par prédation (animal enterre). L'autopsie a révélé uniquement des lésions traumatiques (hémorragies pulmonaire et thoracique sévères), compatibles avec une mort par prédation. L'analyse de résidus a mis en évidence une imprégnation au carbofuran à une concentration de 0,4 µg/g, compatible avec un affaiblissement de l'animal pouvant faciliter sa prédation. Ce dernier cas illustre bien le fait qu'une intoxication aiguë ne laisse pas forcément des lésions visibles à l'autopsie.

Les triazines, une surprise !

Les triazines ont été détectées dans environ 22 % des cadavres analysés pour cette famille chimique (*tableau 4*). Les 17 cadavres positifs provenaient de 8 sites différents et sont morts aussi bien durant la saison 2010 qu'en 2011.

Tableau 2 Détails des substances actives pour lesquelles le % d'oiseaux morts est supérieur à 10 % avec un nombre d'oiseaux potentiellement exposés supérieur à 10.

Famille chimique	Utilisation	Substance active	DL50 oiseau (mg/kg) - (espèce)	Tier 1 aigu oiseau la plus basse (Praper EFSA)	Nb de perdrix potentiellement exposées	% de morts dans les dix jours suivant l'exposition
sulfonylurée	herbicide	nicosulfuron	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	> 124	13	23,08
pyréthrinolide	insecticide	alphaméthrine	> 2 025 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	40	20
isoxazole	herbicide	mésotrione	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	22	13,64
quinoléine	herbicide	cloquintocet méxyl	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	68	10,29
nicotinoïde	insecticide	thiaclopride	49 (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)	-	49	10,2

Tableau 3 Détails des substances actives pour lesquelles le nombre d'oiseaux potentiellement exposés est supérieur à 100.

isophthalonitrile	fongicide	chlorotalonil	> 2 000 (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)	-	126	3,17
triazole	fongicide	cyproconazole	94 (<i>Colinus virginianus</i>)	13,7	106	2,83
		epoxiconazole	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	213	194	3,61
		metconazole	787 (<i>Colinus virginianus</i>)	110	127	5,51
		propiconazol	2 223 (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)	-	101	4,95
		prothioconazole	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	> 44	177	3,39
benzofurane	herbicide	ethofumesate	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	108	2,78
carbamate	herbicide	phenmediphame	> 2 500 (<i>Anas platyrhynchos</i>)	-	110	2,73
sulfonylurée	herbicide	iodosulfuron méthyle	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	117	7,69
		mesosulfuron méthyle	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	112	8,04
pyréthrinolide	insecticide	lambda cyhalothrine	> 3 950 (<i>Anas platyrhynchos</i>)	-	116	1,72
ammonium quaternaire	régulateur	chlormequat	261 (<i>Phasianus sp.</i>)	4,71	253	1,98

Une contamination par le biais de l'eau d'irrigation semble la plus plausible. En effet, l'irrigation est utilisée sur ces 8 sites, et pour 9 des 17 perdrix imprégnées, on a pu clairement établir qu'elles avaient fréquenté des parcelles irriguées. De plus, d'après le bilan 2010 sur la qualité des eaux de l'Agence de l'eau de Seine-Normandie, les eaux souterraines restaient encore fortement contaminées par les triazines. Par exemple, l'atrazine (molécule-mère) et ses deux produits de dégradation (déséthyl-atrazine et 2-hydroxy-atrazine) étaient les trois premières molécules les plus fréquemment retrouvées.

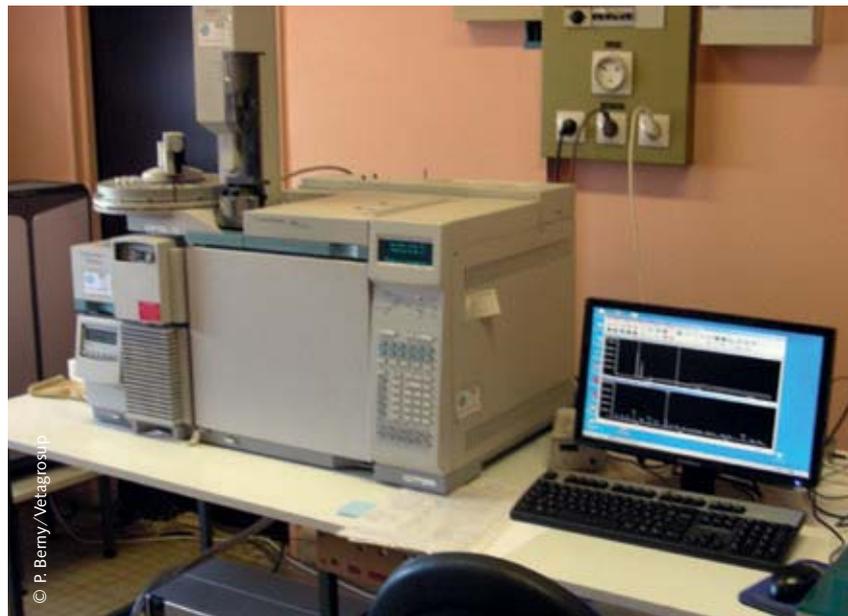
Le lindane, une exposition liée à des sols contaminés ?

Cet insecticide anciennement utilisé en traitement du sol a été détecté dans un cadavre du site du Nord. Dans ce département, les sols sont contaminés par cette substance (Orton *et al.*, 2013). L'ingestion de particules de sol contaminé lors de la prise de grit ou d'items alimentaires est donc une voie d'exposition possible.

Conclusion

Au moins 40 % des perdrix mortes et analysées étaient imprégnées par des substances...

Au total, une substance active a été détectée dans 37 des 94 cadavres analysés, confirmant le haut degré d'imprégnation, et donc d'exposition, des perdrix grises aux PPP. Certaines familles chimiques (pyréthri-noïdes, triazines) et molécules (téfluthrine) ont été plus fréquemment détectées que d'autres. Sur les sites d'étude, la téfluthrine a été utilisée uniquement en traitement de semences. L'exposition des perdrix s'est donc probablement faite lors de l'ingestion de graines traitées. Par cette voie, les quantités de molécules ingérées sont probablement plus importantes que



Spectromètre de masse utilisé dans la recherche de substances actives

lors des pulvérisations. En effet, à dose d'emploi équivalente (quantité de substances actives/hectare), le produit est concentré sur des graines dans un cas et dilué dans l'espace (végétation, sol, etc) dans l'autre.

Les différences de sensibilité analytique peuvent aussi être une voie d'explication de la plus grande détection des pyréthri-noïdes et des triazines par rapport aux autres familles chimiques, comme les triazoles. En effet, malgré une forte exposition potentielle, les triazoles n'ont été détectés dans aucun cadavre (voir encadré 2). Cependant, la limite de détection de l'analyse pour cette famille chimique était de 0,1 µg/g, soit dix fois supérieure à celle des pyréthri-noïdes et des triazines. De plus, dans 87 % des « détections », la concentration retrouvée était inférieure à 0,1 µg/g.

... avec un rôle de celles-ci identifié dans un peu plus de 2 % des cas

Ce travail n'a pas mis en évidence d'effets aigus importants des PPP sur la survie des perdrix grises durant la période du printemps-été. Tous les paramètres examinés (concentrations détectées, toxicité aigue, pourcentage d'oiseaux morts) convergent dans ce sens.

Toutefois, rapporté au nombre de cadavres qui ont pu être analysés (n = 94), les PPP ont joué un rôle dans un peu plus de 2 % des cas de mortalité (carbofuran). Ces 2 % viennent s'ajouter à la liste des diverses causes de mortalité (Bro & Millot, *op.cit.*) et peuvent avoir une influence à l'échelle des populations. D'autre part, des cas de mortalité de perdrix sont détectés chaque année par le réseau SAGIR lors des semis

Tableau 4 Détails des substances actives d'usage actuellement interdit détectées dans les cadavres de perdrix radio-pistées.

Famille chimique	Utilisation	Nombre de cadavres analysés	Limites de détection (µg/g)	% de cas positifs (i.e. dose ≥ limite de détection)	Substance active	DL50 oiseau (mg/kg) - (espèce)	Tier 1 aigu oiseau la plus basse (Praper EFSA)	Concentrations détectées (µg/g)	Année d'interdiction
carbamate	insecticide	80	0,1	2,5	carbofuran	0,71 (<i>Anas platyrhynchos</i>)	0,09	0,7 et 0,4	2008
organochloré	insecticide	80	0,1	1,3	lindane	?	-	0,2	1998
triazine	herbicide	76	0,01	6,6	atrazine	4 237 (<i>Coturnix japonica</i>)	-	0,01 à 0,03	2003
				11,8	terbuthylazine	1 236 (<i>Colinus virginianus</i>)	22,15	0,02 à 0,07	2003
				4	cyanazine	400 (<i>Phasianus colchicus</i>)	-	0,01 à 0,14	2003

d'automne. Ces mortalités, non prises en compte lors de l'étude PÉGASE focalisée sur le printemps-été, peuvent augmenter la part relative des PPP dans la mortalité des perdrix grises. Des études sont en cours actuellement pour essayer de quantifier ce paramètre.

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu les agriculteurs pour leur participation, les laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires, le laboratoire régional de suivi de la faune sauvage et le laboratoire Biolytics. L'étude PeGASE a reçu les soutiens financiers de la FNC, de la MCN, du FEDER, de la FNADT, des Conseils généraux de Haute-Normandie et du Loir-et-Cher, de Vermillon, de l'ASP Limousin, de la SCIF, du CEB et de l'État *via* le financement de services civiques. ■

Bibliographie

- Agence de l'Eau de Seine-Normandie. 2010. Bilan 2010 de la surveillance de l'état des eaux du bassin Seine-Normandie : Résultats pour les eaux souterraines, cours d'eau, plans d'eau et eaux littorales. 44 p.
- Bro, E., Millot, F., Delorme, R., Polvé, C., Mangin, E., Godard, A., Tardif, F., Gouache, C., Sion, I., Brault, X., Durlin, D., Gest, D., Moret, T. & Tabourel, R. 2013. PeGASE, bilan synthétique d'une étude perdrix grise « population-environnement ». *Faune sauvage* n° 298 : 17-48.
- Butault, J.-P., Delame, N., Jacquet, F., Rio, P., Zardet, G., Dedryver, C.A., Volay, T., Gary, C., Guichard, L., Pitrat, M. & Sauphanor, B. 2010. L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction. *Colloque de la SFER, Lyon, 11-12 mars 2010*.
- Decors, A., Moinet, M. & Mastain, O. 2011. SAGIR, bilan 2009-2010. Rapport interne du réseau SAGIR ONCFS/FNC/FDC. 40 p.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschamtkke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P. W. & Inchausti, P. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11: 97-105.
- Orton, T.G., Saby, N.P., Arrouays, D., Jolivet, C.C., Villanneau, E.J., Marchant, B.P., Caria, G., Barriuso, E., Bispo, A., & Brian, O. 2013. Spatial distribution of Lindane concentration in topsoil across France. *Science of the total environment* 443: 338-350.
- PECBMS (Pan-European Common Bird Monitoring Scheme). 2012. European wild bird indicators, 2012 update. www.ebcc.info/index.php?ID=487.

Encadré 2

Des substances détectées aussi à l'automne et sur des oiseaux non radio-pistés

Durant le suivi télémétrique du printemps-été, des cadavres de perdrix grises non radio-pistées ont pu être collectés. Par ailleurs, certaines fédérations des chasseurs ont continué à suivre les oiseaux équipés durant l'automne-hiver (moins intensément qu'au printemps-été), et ont donc pu collecter quelques cadavres supplémentaires durant cette période. Ainsi, des analyses de résidus ont été réalisées sur 23 « autres » cadavres, bien que leur exposition potentielle aux PPP n'ait pas pu être déterminée. Les analyses ont été ciblées

sur les familles chimiques les plus fréquemment recherchées.

En plus de retrouver des substances actives déjà détectées, ces analyses ont permis d'identifier 3 nouvelles substances (**tableau 5**). Les concentrations détectées étaient là encore proche de la limite de détection (sauf pour un cas où l'époxiconazole a été détecté), mais dans tous les cas peu compatibles avec un effet léthal vu la toxicité aigüe de ces substances pour les oiseaux.

Tableau 5 Détails des substances actives détectées dans les cadavres de perdrix radio-pistées mortes en automne et de perdrix non radio-pistées.

Famille chimique	Utilisation	Limites de détection (µg/g)	Nombre de cas positifs (i.e. dose ≥ limite de détection)	Substance active	DL50 oiseau (mg/kg) - (espèce)	Tier 1 aigu oiseau la plus basse (Praper EFSA)	Concentrations détectées (µg/g)
pyréthrianoïde	insecticide	0,01	5	téfluthrine	267 (<i>Passer domesticus</i>)	0,2	0,01 à 0,06
			1	cyfluthrine	> 100 (<i>Serinus canaria</i>)	-	0,07
			1	perméthrine	> 9 800 (<i>Anas platyrhynchos</i>)	-	0,02
triazine	herbicide (interdit)	0,01	4	terbuthylazine	1 236 (<i>Colinus virginianus</i>)	22,15	0,01 à 0,05
			1	atrazine	4 237 (<i>Coturnix japonica</i>)	-	0,08
chloro-acétamide	herbicide	0,01	1	s-métolachlore	> 2 510 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	0,07
	herbicide (interdit)		1	alachlore	> 1 536 (<i>Colinus virginianus</i>)	-	0,03
triazole	fongicide	0,1	2	époxiconazole	> 2 000 (<i>Colinus virginianus</i>)	213	0,11 et 0,38