



SAGIR, un maillon essentiel pour l'utilisation durable des produits phytopharmaceutiques



© N. Millot

**ANOUC DECORS¹,
OLIVIER MASTAIN²,
THOMAS QUINTAINE¹,
PHILIPPE BERNY³,
FLORIAN MILLOT⁴**

¹ ONCFS, Unité sanitaire de la faune – Saint-Benoist, Auffargis.

² MEDDE, Direction de l'eau et de la biodiversité – La défense.

³ VetAgroSup, Biolytics – Marcy-Etoile.

⁴ ONCFS, CNERA Petite faune sédentaire de plaine – Saint-Benoist, Auffargis.

L'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP) a constitué un progrès dans la sécurisation de la production agricole, mais les conséquences observées sur l'environnement ces dernières décennies nous en rappellent également les dangers et les limites. Certes, le renforcement de la réglementation a abouti à la suppression des substances les plus toxiques pour l'homme ou pour l'environnement ; mais malgré les règles encadrant la mise sur le marché des PPP, des effets impossibles à anticiper peuvent toujours survenir dans le cadre de leur utilisation agricole. Le réseau SAGIR¹ participe à la surveillance des effets non intentionnels de ces PPP sur les oiseaux et les mammifères sauvages.

Pourquoi surveille-t-on les effets indésirables des PPP sur les oiseaux et mammifères sauvages *in natura* ?

Comment un PPP est-il mis sur le marché ?

En France, un PPP (**encadré 1**) est autorisé par le ministre chargé de l'agriculture

après avis du comité d'experts de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). L'Anses statue sur l'acceptabilité des risques de l'utilisation du produit pour l'environnement notamment. L'évaluation des risques pour les oiseaux et les mammifères sauvages suit une méthodologie définie au niveau européen (EFSA, 2009). L'objectif général est de limiter les effets du PPP aux organismes visés et de protéger l'utilisateur, la santé et l'environnement. L'imagination de l'homme ayant ses limites, il ne peut échafauder tous les scénarios possibles d'évaluation des risques ; d'où la nécessité de surveiller d'éventuels effets de l'utilisation agricole des PPP, en particulier sur les oiseaux et les mammifères sauvages. Cette toxicovigilance s'inscrit dans la même logique que la pharmacovigilance (surveillance des effets des médicaments sur la santé). En principe, tout nouvel effet mis en évidence peut déclencher une réévaluation des risques associés à l'utilisation agricole du PPP responsable (règlement CE N° 1107/2009).

¹ Le réseau SAGIR est financé par les chasseurs, les fédérations des chasseurs, l'établissement public (ONCFS) et ses deux tutelles (MEDDE et MAAF), ainsi que par les contributions indirectes des partenaires techniques et scientifiques que sont les Conseils généraux via leurs laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires, VetDiagnosics, VetAgroSup et l'Université de Reims Champagne-Ardenne.

Pourquoi faire des suivis de terrain ?

Les suivis réalisés sur le terrain constituent un outil complémentaire pour l'évaluation des risques (**encadré 2**). Ils sont déployés sur des cultures conduites selon la pratique agricole et non « expérimentalement ». Ils permettent donc de rendre compte des effets des PPP dans leurs conditions réelles d'emploi et intègrent la possibilité d'expositions multiples. L'intérêt des suivis de terrain est de surveiller que les usages autorisés des PPP n'aient pas de conséquences imprévues nommées ci-après « effets non intentionnels » (ENI). Sur ce plan, le réseau SAGIR a fait ses preuves (**encadré 3**). Dès 1970, il a enregistré des intoxications d'espèces gibiers aux organochlorés et de la mortalité de lièvres d'Europe exposés au paraquat (Conseil supérieur de la chasse, 1971). Il a ensuite rapporté des cas d'intoxication d'espèces gibiers aux anticoagulants (Mallet *et al.*, 1989), puis de faune sauvage quel que soit leur statut de protection (Berny *et al.*, 1997 ; Berny & Gaillet, 2008). Il a également permis d'identifier le furathiocarbe comme facteur de mortalité substantielle des colombidés de 1993 jusqu'en 1999 (Lelièvre *et al.*, 2001). Plus récemment, le réseau a démontré une relation de cause à effet entre l'utilisation agricole d'imidaclopride et la mortalité d'oiseaux sauvages inféodés aux plaines céréalières (Mastain *et al.*, 2011b).

Le diagnostic d'intoxication, un exercice difficile ?

Comment choisir les analyses à réaliser ?

La stratégie d'analyses est conditionnée en premier lieu par l'objectif de l'étude : elle sera différente selon que l'on soit dans le cadre d'un diagnostic toxicologique, d'une étude d'imprégnation ou d'exposition, et selon le niveau d'organisation biologique auquel on cherche à mettre en évidence un effet (**figure 1**). La première question à résoudre est celle du signal recherché. Il doit être adapté à l'objectif de l'étude (résidu dans l'organisme ou marqueurs biochimiques, *etc.* - **figure 1**). Viennent ensuite le choix de l'organe à analyser et la mise en œuvre des processus analytiques.

Les recherches de substances chimiques pourront être : systématiques ou réalisées sur suspicion, à large spectre ou ciblées, réalisées molécule par molécule ou par famille de molécules, réalisées à partir d'un mélange d'organes de plusieurs individus ou de façon individuelle, *etc.*

Présence de semences enrobées en surface et traces de prédation.

Si on se place dans la configuration « diagnostique », c'est-à-dire qu'on cherche à déterminer la cause de la mort d'un individu et les facteurs la favorisant, la mise en place d'examen toxicologiques est à l'appréciation

du pathologiste ou du toxicologue. Il s'appuie alors dans sa décision à la fois sur les commémoratifs (circonstances de la mort), la biologie de l'espèce, le tableau lésionnel et les organes disponibles.

Encadré 1

Quelques définitions

Qu'est ce qu'un produit pesticide ?

Le terme « pesticide » regroupe les produits utilisés pour combattre les « ravageurs », qu'ils soient d'origine infectieuse, mycologique ou parasitaire. C'est un terme général qui englobe les usages agricoles et non agricoles, il peut donc s'agir de molécules antiparasitaires à usage vétérinaire ou humain, utilisées pour la protection des bois ou dans les peintures, ou pour la protection des plantes.

Qu'est ce qu'un produit biocide ?

« Les biocides sont des substances actives ou des préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique » (définition AFSSET). Le terme biocide regroupe donc l'ensemble des pesticides utilisés dans les secteurs professionnels non agricoles ou dans le cadre d'utilisations domestiques. Ce sont par exemple des désinfectants, des produits de protection du bois, des produits antiparasitaires, *etc.*

Qu'est ce qu'un produit phytosanitaire ?

Dans la réglementation, on parle de produits phytopharmaceutiques. Au sens du règlement CE 1107/2009, ce sont les : « produits, sous la forme dans laquelle ils sont livrés à l'utilisateur, composés de substances actives, phytoprotecteurs ou synergistes, ou en contenant, et destinés à l'un des usages suivants » : protection des végétaux (ou produits végétaux) ou régulateur de croissance. (règlement CE N° 1107/2009).

Les PPP sont utilisés principalement par les professionnels du secteur agricole, par les professionnels en charge de l'entretien des espaces verts et les jardiniers amateurs. Un produit phytopharmaceutique peut donc être un insecticide, un herbicide, un défanant, un fongicide, un corvifuge-corvicide, un molluscicide, un répulsif, une substance de croissance, un stimulateur de défense, *etc.*



Encadré 2

Comment évalue-t-on les risques ?

L'évaluation des PPP est effectuée pour la France par l'Anses. Elle ne garantit pas l'absence d'effet mortel, mais un risque faible de mortalité massive susceptible d'entraîner un déclin dans les populations. Avant d'évaluer les risques, on évalue d'abord la « dangerosité » de la molécule, par des essais d'éco-toxicité, qui permettent d'évaluer les effets aigus et les effets à moyen et long terme. Les espèces « modèles » utilisées pour ces essais sont choisies pour leur sensibilité, et parce que leur régime alimentaire intègre pour majorité des ressources puisées dans les cultures traitées. Ces études permettent de définir des « doses toxiques » ou des « doses sans effet observé », selon les cas.

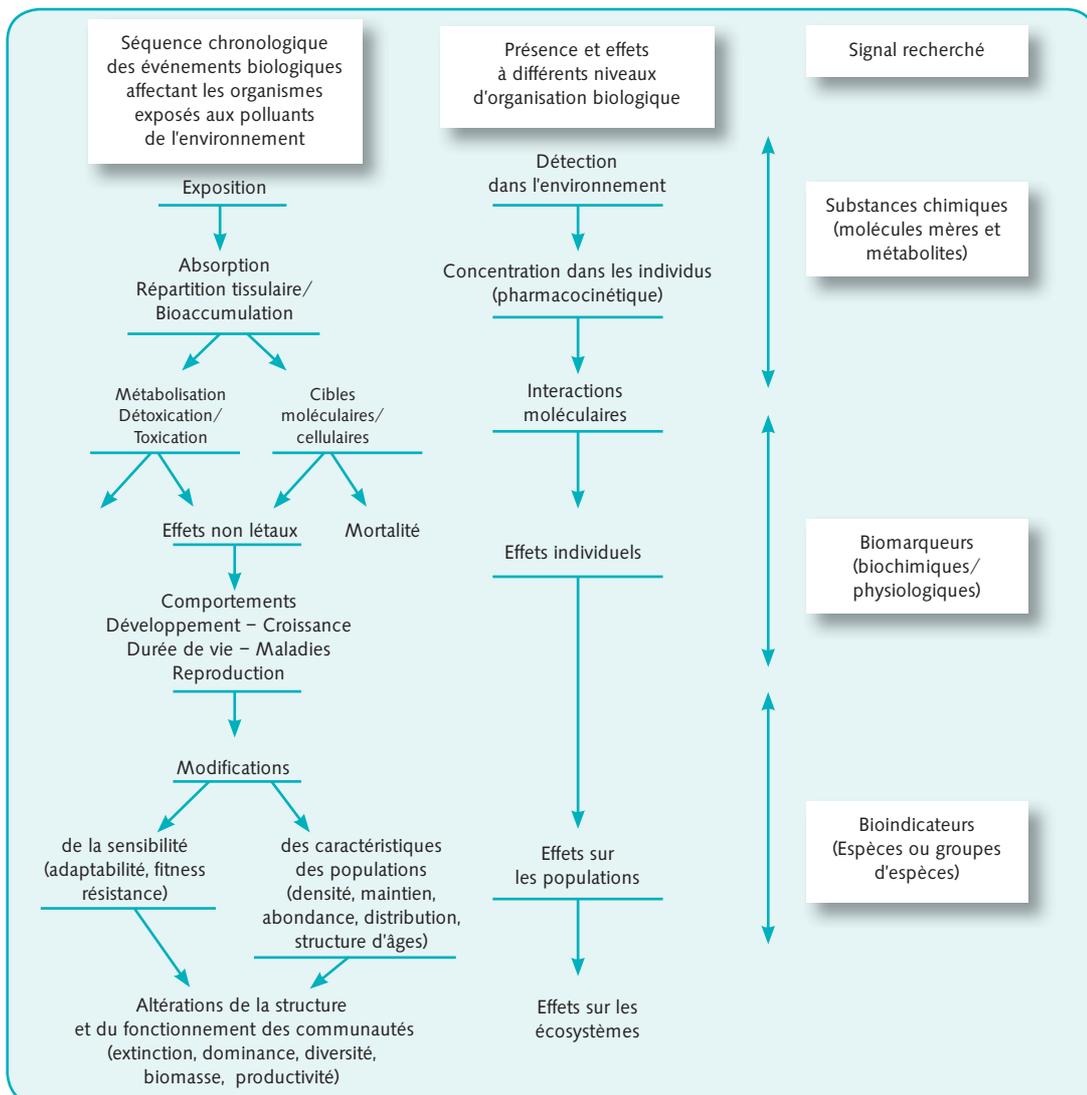
Par la suite, des scénarios variés d'exposition prennent en compte les différents usages envisagés pour le PPP, ainsi que des espèces et des régimes alimentaires adaptés aux circonstances (EFSA, 2009). Les scénarios utilisés pour évaluer le risque ne peuvent naturellement pas reproduire la complexité du fonctionnement des écosystèmes. Le calcul du risque basé sur ces scénarios comporte donc des incertitudes. Le recours à des facteurs de sécurité dans les calculs permet de prendre en compte ces incertitudes et de les gérer de façon

homogène et reproductible. Toutefois, ces facteurs ne constituent pas une solution satisfaisante en raison de leur caractère arbitraire.

Par ailleurs, les espèces « modèles » ne sont pas nécessairement représentatives des espèces typiques des écosystèmes pour lesquels on cherche à évaluer les risques, et plusieurs facteurs écologiques (écologie alimentaire, statut de conservation, etc.) ne sont pas pris en compte. À titre d'exemple, la dose d'imidaclopride létale pour 50 % des individus exposés (DL 50) est de 13,9 mg/kg pour la perdrix grise, 31 mg/kg pour la caille japonaise, 152 mg/kg pour le colin de Virginie et 283 mg/kg pour le canard colvert (Mastain *et al.*, 2011). Ainsi, les valeurs acquises par les expérimentations sur certaines espèces ne sont pas extrapolables à d'autres.

Désormais, la dangerosité de la molécule suffit dans certains cas à elle seule à désapprouver une substance active. C'est le cas, par exemple, des substances actives classées cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, ou ayant des effets perturbateurs endocriniens (règlement CE N° 1107/2009).

Figure 1 Chronologie théorique des effets induits par l'introduction d'un PPP dans le milieu naturel. D'après Caquet & Lagadic, 1998.



Les observateurs de terrain, qui relèvent les circonstances entourant la mort, jouent donc un rôle essentiel dans le diagramme décisionnel et dans le diagnostic final. La piste toxicologique est investiguée s'il existe une suspicion de terrain. Par exemple, une mortalité localisée affectant différentes espèces simultanément, concomitante avec des traitements récents, est en faveur d'une cause toxicologique. Les commémoratifs permettent d'orienter vers une famille chimique sur la base de l'environnement décrit (mention des cultures, de leur stade végétatif, de la période de l'année, d'un traitement récent, d'un semis avec des graines enrobées par exemple) ou des signes cliniques observés (vomissements, troubles nerveux, chute en plein vol, prostration, etc.). En pratique, il est parfois difficile de savoir s'il y a eu des traitements récents ou de cibler en particulier un PPP. Dans ce cas précis, si l'épidémiologie est en faveur d'une hypothèse toxicologique, une recherche exploratoire de PPP pourra être envisagée (analyse large spectre), couplée à des recherches ciblées d'après l'expérience du toxicologue.

Quelles sont les techniques d'analyses ?

Le développement de techniques d'analyses appropriées est souvent nécessaire pour examiner des échantillons aussi divers que du plasma, du foie ou du contenu digestif dans un état de fraîcheur variable. Il est important de se souvenir que le laboratoire peut être amené à traiter le même échantillon (parfois disponible en très faible quantité) plusieurs fois, pour mettre en œuvre différentes techniques selon les hypothèses formulées par le découvreur, le laboratoire départemental d'analyses vétérinaires ou le toxicologue. En effet, à la différence des analyses d'eau par exemple, il n'est pas possible d'obtenir des recherches de centaines de substances différentes directement, il faut souvent multiplier les étapes de préparation et de purification ; d'où le temps et le coût de ces analyses particulières. Les matériels disponibles sont comparables à ceux de nombreux laboratoires d'analyses physico-chimiques (eau, résidus dans les denrées alimentaires), mais les méthodes diffèrent et les substances recherchées aussi. Les analyses reposent généralement sur des techniques chromatographiques couplées à des techniques spectrométriques, qui permettent d'identifier et de quantifier de très nombreux PPP. La chromatographie permet de déterminer des PPP prédéfinis à des niveaux de quantification très faibles, alors que la spectrométrie permet de rechercher un large panel de substances, sans a priori, mais souvent au détriment de la sensibilité.



Goéland argenté mort, intoxiqué par un insecticide utilisé en traitement du sol. On observe une mortalité d'insectes au niveau du bec, au contact des vomissures de terre.

© C. Lehuillier/Déf-caux

Comment établir une relation entre le PPP et les effets observés sur le terrain ?

Le diagnostic toxicologique repose sur plusieurs éléments : la « dangerosité » du toxique, la certitude de l'exposition, la quantité ingérée et la pertinence du tableau clinique. En toxicovigilance appliquée à la faune sauvage, ces informations sont souvent partielles. En l'absence de certains éléments, notamment la dose ingérée ou le tableau clinique précis, on conclut généralement à une intoxication probable. En outre, les valeurs toxicologiques de référence ne sont connues que pour quelques espèces dites « modèles », généralement différentes de celles inféodées à nos cultures. Or les seuils d'intoxication peuvent varier fortement entre les espèces, y compris au sein d'une même famille (**encadré 2**).

En l'absence de données de référence, la démarche diagnostique du réseau SAGIR repose sur une approche combinant plusieurs domaines d'expertise : épidémiologique, écologique, toxicologique et clinique (Mastain *et al.*, 2011).

La **figure 2** permet de classer la probabilité d'une relation en quatre catégories : peu probable, possible, vraisemblable, très vraisemblable, en fonction des réponses obtenues.

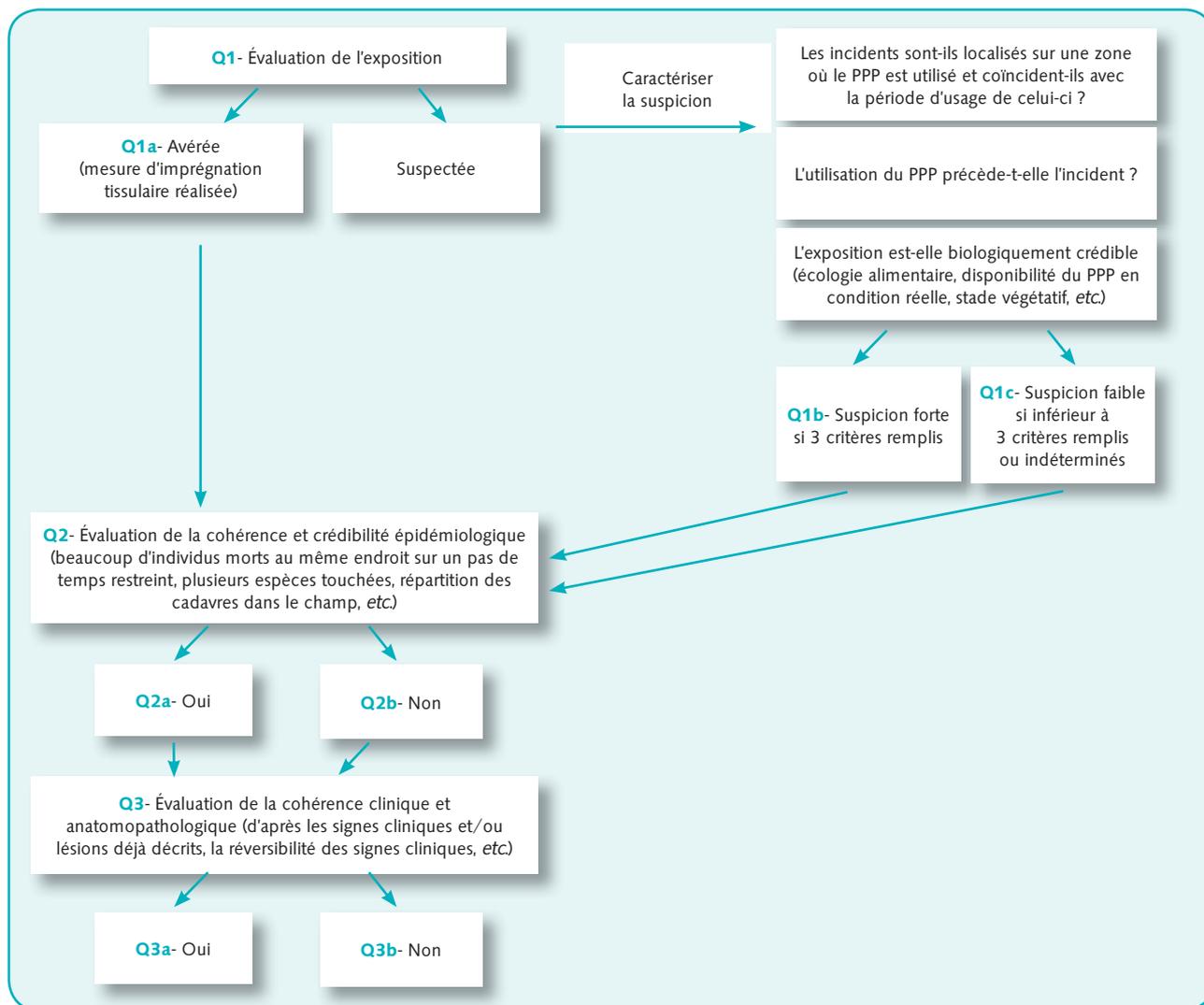
L'expérience humaine de la toxicovigilance – qui s'affranchit en général d'analyses chimiques – montre qu'une remontée systématique du terrain de cas similaires, exposés aux mêmes produits, est un argument supplémentaire en faveur du rôle du produit concerné sur les événements observés (élaboration d'une expertise).



Appareil de LC-MS employé pour détecter les anticoagulants.

© P. Bemy/Vétagrosup

Figure 2 Diagramme décisionnel utile à la détermination d'une relation de cause à effet entre un agent toxique et un incident clinique *in natura*. D'après Aubertot *et al.* (2005), modifié.



Comment surveiller les ENI sur les oiseaux et mammifères sauvages ?

Surveillance des effets mortels

Le suivi continu généraliste

Le règlement européen 1107/2009 prévoit la possibilité de réexaminer l'approbation d'une substance active ou l'autorisation de mise sur le marché (AMM) d'un PPP à tout moment, à la lumière des nouvelles connaissances scientifiques et techniques et des données de contrôle.

Dans son fonctionnement quotidien, SAGIR enregistre des cas de mortalité et en identifie les causes. Il porte systématiquement à la connaissance du gestionnaire du risque en France tous les cas observés d'ENI, soit par l'intermédiaire du rapport annuel, soit via un rapport spécifique faisant le point sur une molécule. Ces rapports permettent, d'une part d'enrichir les données d'évaluation du risque – par exemple, le rapport SAGIR sur les intoxications d'oiseaux à



Perdrix grises intoxiquées à l'imidaclopride, insecticide utilisé en traitement de semences de céréales d'hiver. Une perdrix est prostrée, les deux autres sont mortes.

© Service technique FDC 10

l'imidaclopride a été utilisé dans le cadre d'une demande d'extension d'usage du produit commercial, au vu des risques potentiels pour les populations d'oiseaux sauvages granivores –, d'autre part d'assurer un suivi des effets de nouvelles dispositions techniques relatives à un PPP et mises en place dans un cadre réglementaire. Le rapport sur les intoxications d'oiseaux et mammifères sauvages à la bromadiolone dans le Doubs, par exemple, a mis en évidence les effets favorables des différents arrêtés préfectoraux et ministériels rationalisant l'utilisation de la bromadiolone sur le nombre de cas d'intoxications rapportés de la faune non-cible (Decors *et al.*, 2012).

Le suivi « orienté »

L'évaluation du risque réalisée par le comité d'experts de l'Anses peut conduire à proposer une AMM temporaire, sous réserve que le producteur fournisse des données complémentaires sur les effets des PPP en conditions réalistes. Dans ce contexte, le réseau SAGIR a par exemple réalisé un suivi de toxicovigilance national sur l'avifaune et les mammifères sauvages, sur trois ans, dans et autour des cultures de colza d'hiver en France. Cette surveillance visait les anti-limaces utilisés de manière significative lors des semis de colza d'hiver, à savoir le méthiocarbe et le métaldéhyde. L'objectif était double : détecter l'exposition des animaux aux molécules et une mortalité inattendue. De nombreux facteurs provoquant des biais dans l'estimation de la mortalité ont pu être identifiés. Cette étude a montré la nécessité de compléter cette surveillance par des suivis actifs (USF, 2012a).

Pégase : répondre à une question biologique

L'étude « Pégase » (voir l'article dans ce même numéro) constitue une approche originale pour évaluer de manière intégrée l'impact des PPP sur une population de perdrix grises, espèce utilisée comme modèle biologique. Elle combine à la fois télémétrie, données spatialisées d'utilisation des PPP et modélisation pour étudier la responsabilité des PPP dans la mortalité des perdrix grises et évaluer leur impact en termes de dynamique de population.

Quantification de la mortalité liée à un PPP dans une population

À cause de différents facteurs environnementaux (voir § Le suivi « orienté »), l'impact des ENI au niveau des populations nécessite de recourir à des approches par modélisation (Sibly *et al.*, 2005). Ainsi, afin de compléter les résultats de la toxicovigilance sur les effets des anti-limaces, une étude a été lancée pour tenter d'estimer la part de mortalité de la faune sauvage imputable au

méthiocarbe utilisé sur les semis de colza d'hiver (USF, 2012b). Dans un premier temps, une recherche de cadavres en plein champ a été réalisée pour connaître le nombre de cadavres auquel s'attendre sur le terrain, et estimer la proportion de cadavres contenant du méthiocarbe. Ensuite, la probabilité de détection et le taux de disparition des cadavres propres au secteur d'étude ont été modélisés. Finalement, un modèle intégré a été créé prenant en compte ces deux facteurs, afin de déterminer la meilleure stratégie d'échantillonnage à mettre en place pour optimiser la collecte de cadavres. Il a ainsi été montré que la pression exercée par les charognards sur la durée de persistance des cadavres rend peu réaliste l'estimation de la mortalité liée à l'utilisation du méthiocarbe en agriculture, sur la base d'une recherche de cadavres en plein champ (USF, 2012b).

Surveillance des effets non mortels²

Des effets non mortels provoqués par quelques PPP sont parfois détectés par le réseau SAGIR (principalement des effets sur le comportement). Dans la majorité des cas, la mise en évidence d'effets non mortels (sur la reproduction par exemple) *in situ* est délicate et nécessite le plus souvent de réaliser des expérimentations complémentaires (bio-essais *in situ*, études en cosmes³) – (Aubertot *et al.*, 2005).

Pesée d'un échantillon au laboratoire avant extraction.



© A. Curcherd/Byolitics

Conclusion

Fort de son historique (**encadré 3**) et de l'expérience acquise, le réseau SAGIR possède aujourd'hui un savoir-faire unique dans le suivi des ENI mortels des PPP sur la faune non-cible de type oiseaux et mammifères, sur l'ensemble du territoire français. Cependant, le caractère opportuniste de l'échantillonnage ne permet pas toujours de mesurer l'amplitude des phénomènes observés, des méthodologies quantitatives de surveillance active sont nécessaires et actuellement en développement pour tenter de quantifier l'impact des pesticides sur les populations.

Remerciements

Nous tenons à remercier les services départementaux de l'ONCFS, les FDC, FRC et la FNC, les laboratoires départementaux d'analyses vétérinaires, l'Anses-LRFSN, ainsi que Elisabeth Bro (ONCFS) pour sa relecture attentive et constructive du manuscrit. ■

² On entend par effet non mortel un effet sur la croissance, la reproduction, le comportement, ou différents traits biologiques (immunité...) d'un individu.

³ Ce dispositif expérimental est destiné à l'étude des réponses d'espèces dans leur milieu (reconstitué), ou à l'étude d'organismes soumis à des variations de l'environnement ou à des toxiques.

Encadré 3

Le réseau SAGIR et la toxicovigilance : une longue histoire

En 1952, Maurice Reydellet, président de la FDC des Hautes-Alpes et directeur des services vétérinaires, présentait dans un rapport les intérêts patrimoniaux, économiques et sanitaires d'une surveillance des maladies du gibier en France, soulignant la nécessité de leur détection systématique. Dès 1955, un dispositif de surveillance des mortalités des oiseaux et mammifères sauvages, principalement du petit gibier, a été lancé par le Conseil supérieur de la chasse afin de contribuer à préciser les risques de toxicité de l'utilisation des pesticides à l'égard de la faune sauvage. En 1968, le ministère chargé de l'agriculture faisait reposer la surveillance des effets non intentionnels (ENI) sur les oiseaux et mammifères sauvages des pesticides utilisés en agriculture principalement sur ce réseau (qui deviendra le réseau SAGIR en 1986). En 2012, le réseau SAGIR a également été sollicité par ce même ministère pour participer au suivi des ENI des pratiques phytopharmaceutiques sur des indicateurs de biodiversité en milieu agricole.

Pigeons féroces intoxiqués à l'imidaclopride, présentant des troubles du comportement et attrapés à la main par les observateurs du réseau SAGIR.



© T. Quintaine / ONCFS

Bibliographie

- Aubertot, J.-N., Barbier, J.-M., Carpentier, A., Gril, J.-J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I. & Voltz, M. (éd.). 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Synthèse Rapport Inra/Cemagref (France) : 158-163.
- Berny, P., Buronfosse, T., Buronfosse, F., Lamarque, F. & Lorgue, G. 1997. Field evidence of secondary poisoning of foxes (*Vulpes vulpes*) and buzzards (*Buteo buteo*) by bromadiolone, a 4-year survey. *Chemosphere* 35(8): 1817-1829.
- Berny, P. & Gaillet, J.-R. 2008. Acute poisoning of red kites (*Milvus milvus*) in France: data from the sagir network. *Journal of Wildlife Diseases* 44(2): 417-426.
- Caquet, T. & Lagadic, L. 1998. Conséquences d'atteintes individuelles précoces sur la dynamique de population et la structuration des communautés et des écosystèmes. In : Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.-C. & Ramade, F. (éd.). 1998. Utilisation de bio-marqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Lavoisier Tec & Doc, Paris : 265-298.
- Conseil supérieur de la chasse. 1971. Compte-rendu des analyses effectuées par le laboratoire de phytopharmacie de l'Inra pour le Conseil supérieur de la chasse en 1970. *Bull. Off. CSC* 64 : 112-114.
- Decors, A., Coeurdassier, M., Berny, P., Sage, M. & Quintaine, T. 2012. Surveillance de la mortalité des oiseaux et mammifères sauvages. Synthèse des cas enregistrés par le réseau SAGIR de 1998 à 2012 avec une exposition avérée à la bromadiolone. Rapport d'étude ONCFS/SAGIR (réseau ONCFS/FNC/FDC).
- EFS. 2009. Guidance of EFSA: Risk assessment for birds and mammals. *EFSA Journal* 7(12): 1438.
- Lelièvre, F., Berny, P., Buronfosse, F., Pineau, X., Frejat, A. & Lamarque, F. 2001. Animal toxicovigilance in France: about the mortality cases of pigeons with furathiocarb. *Rev.Méd. Vét.* 152, 12 : 835-842.
- Mallet, C., Louzis, C., Barrat, J. & Lorgue, G. 1989. Bilan de la surveillance sanitaire de la faune sauvage en 1988. *Bull. Mens ONC* 136 : 33-36.
- Mastain, O., Decors, A., Berny, P. & Millot, F. 2011. De la difficulté de la relation cause à effet en toxicovigilance animale. In: Colloque SEFA, 22 juin 2011, Paris.
- Mastain, O., Millot, F., Decors, A. & Berny, P. 2011b. Surveillance de la mortalité des oiseaux et mammifères sauvages. Synthèse des cas enregistrés par le réseau SAGIR de 1995 à 2010 avec une exposition avérée à l'imidaclopride. Rapport d'étude ONCFS/SAGIR (réseau ONCFS/FNC/FDC).
- Règlement (CE) N° 1107 / 2009 du Parlement Européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117 / CEE et 91 / 414 / CEE du Conseil. *JO Union européenne*, L309, 24.11.2009.
- Sibly, R.M., Akçakaya, H.R., Topping, C.J. & O'Connor, R.J. 2005. Population-level assessment of risks of pesticides to birds and mammals in the UK. *Ecotoxicology* 14: 863-876.
- USF (Unité sanitaire de la faune). 2012a. Suivi par le réseau SAGIR en France de la mortalité des oiseaux et des mammifères sauvages dans et à proximité des champs de colza d'hiver. Résultats de la campagne 2011 (du 10 août au 31 octobre) et bilan des trois années de suivi (2009, 2010, 2011). Rapport d'étude ONCFS/SAGIR (réseau ONCFS/FNC/FDC).
- USF (Unité sanitaire de la faune). 2012b. Toxicovigilance renforcée des effets non intentionnels du méthiocarbe sur les populations d'oiseaux et de mammifères sauvages. Rapport d'étude ONCFS/SAGIR (réseau ONCFS/FNC/FDC).