

Evolution des effets non intentionnels de la lutte chimique contre le campagnol terrestre sur la faune sauvage et domestique

M. Coeurdassier¹, P. Berny², G. Couval^{3,4}, A. Decors⁵, M. Jacquot¹, S. Queffélec⁶, T. Quintaine⁵, P. Giraudoux^{1,7}

Pendant longtemps, la lutte contre les rongeurs a été exclusivement menée avec des anticoagulants. Depuis 1990, des centaines de cas d'intoxications d'autres animaux par ces substances ont été répertoriés en France. Que sait-on des effets non intentionnels des traitements contre les campagnols sur la faune non-cible ? Comment les évaluer ? Quels dispositifs mettre en place pour prévenir les intoxications ?

RÉSUMÉ

L'utilisation de bromadiolone pour lutter contre les pullulations de campagnols terrestres est responsable d'intoxications de la faune non-cible (rapaces, renards, sangliers...). Les indicateurs disponibles montrent que le passage d'une logique de lutte curative à celle d'une lutte préventive a permis de limiter les effets non intentionnels de la bromadiolone. Un arrêté interministériel encadrant l'emploi de cet anticoagulant en plein champ et favorisant les principes de la lutte raisonnée a été promulgué en mai 2014. Les enjeux liés à cette réglementation concernent la validation d'un outil d'aide à la décision développé pour prévenir les intoxications d'espèces non-cibles et la mise en place d'une surveillance standardisée de l'imprégnation de la faune par la bromadiolone et de ses effets non intentionnels.

SUMMARY

Limiting the accidental poisoning of wild and domesticated animals due to the chemical pesticides used to control water vole outbreaks: progress to date

The use of bromadiolone to combat water vole outbreaks can result in the accidental poisoning of non-target fauna (e.g., raptors, foxes, and wild boars). Available data indicate that switching from a curative approach (applied post outbreak) to a preventative approach (applied before outbreaks occur) can limit these unintended secondary effects. In May 2014, a joint ministerial order was issued that established how bromadiolone (an anticoagulant) could be employed in agricultural settings and that promoted integrated control practices. Efforts related to these new regulations include 1) the development of a decision-making tool that can help prevent the accidental poisoning of non-target species and 2) the establishment of a new standardised monitoring regime to quantify bromadiolone's unintended secondary effects and the pesticide's accumulation in the tissues of non-target fauna.

AUTEURS

1 : Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6942 UFC/CNRS, 16, route de Gray, F-25030 Besançon cedex ; michael.coeurdassier@univ-fcomte.fr

2 : USC-INRA1233, Vetagro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon, 1, Av. Bourgelat, F-69280 Marcy-L'Etoile

3 : INRA, UMR CBGP 1062, Campus international de Baillarguet, CS 30016, F-34988 Montferrier-sur-Lez cedex

4 : FREDON Franche-Comté, Parc du Vallon, 20, rue du Vallon, Bât. A, F-25480 Ecole-Valentin

5 : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Direction des études et de la recherche, BP 20, F-78612 Le Perray-en-Yvelines cedex

6 : Centre National d'Informations Toxicologiques Vétérinaires (CNITV), VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon, 1, Av. Bourgelat, F-69280 Marcy-L'Etoile

7 : Institut Universitaire de France, 103, Bd. Saint-Michel, F-75005 Paris

MOTS CLÉS : *Arvicola terrestris*, Auvergne, bromadiolone, campagnol terrestre, dégât, déprédateur, diagnostic, Doubs, faune sauvage, Franche-Comté, lutte raisonnée, moyenne montagne, paysage, pesticide, prairie, prairie permanente, système fourrager, variations interannuelles.

KEY-WORDS : *Arvicola terrestris*, Auvergne, bromadiolone, damage, depredator, diagnosis, Doubs, forage system, Franche-Comté, grassland, integrated control, inter-annual variations, landscape, medium highland, pesticide, permanent pasture, vegetation, water vole, wild fauna.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Coeurdassier M., Berny P., Couval G., Decors A., Jacquot M., Queffélec S., Quintaine T., Giraudoux P. (2014) : "Evolution des effets non intentionnels de la lutte chimique contre le campagnol terrestre sur la faune sauvage et domestique", *Fourrages*, 220, 327-335.

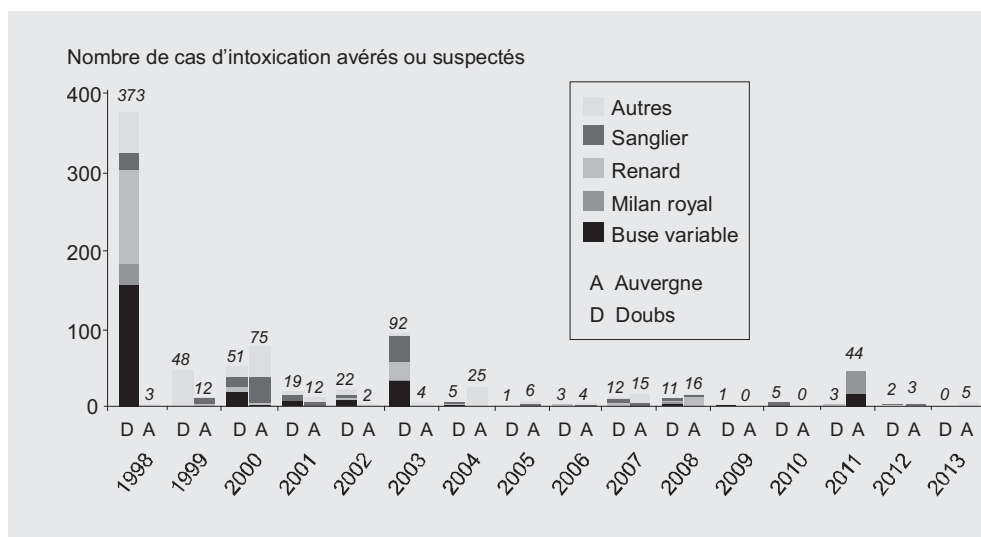


FIGURE 1 : Evolution de la mortalité (confirmée ou suspectée) de la faune sauvage par intoxication aux anticoagulants dans le Doubs ou en Auvergne depuis 1998 (données SAGIR, adapté de COUVAL et al., 2013).

FIGURE 1 : The number of wildlife deaths (suspected or confirmed) due to anticoagulant pesticides in the Doubs and in Auvergne since 1998 (SAGIR datas, after COUVAL et al., 2013).

1. Effets non intentionnels des anticoagulants sur la faune non-cible, un problème mondial

Que ce soit pour la protection des cultures ou celle de la santé, des biens et des personnes, la lutte chimique contre les rongeurs est utilisée partout dans le monde (ERICKSON et URBAN, 2004 ; SINGLETON et al., 2010). Les principes actifs les plus employés sont des poisons « foudroyants » tels que le phosphore de zinc et l'alphachloralose ou des molécules à propriétés anticoagulantes qui agissent plusieurs jours après l'exposition et qui sont privilégiées en Europe. Tous ces anticoagulants ont un mode d'action similaire, ils inhibent l'activité de la vitamine K époxyde réductase, empêchant ainsi le recyclage de la vitamine K et donc la synthèse de certains facteurs de coagulation du sang. Les troubles de la coagulation apparaissent quelques jours après l'exposition, entraînant des hémorragies qui conduiront potentiellement à la mort de l'animal. Les anticoagulants dits de première génération (coumafène, chlorophacinone...) sont moins toxiques pour les vertébrés terrestres et moins persistants que ceux de deuxième génération (bromadiolone, difénacoum, brodifacoum, diféthialone...) mais ils ont été progressivement abandonnés à partir des années 70 en raison de l'apparition rapide de résistance chez les rongeurs cibles. A l'heure actuelle, les anticoagulants de deuxième génération sont privilégiés et **la bromadiolone, utilisée pour contrôler les rongeurs prairiaux, serait la molécule qui présente le plus faible risque pour la faune non-cible** (ERICKSON et URBAN, 2004). Depuis le début des années 80, l'utilisation intensive d'appâts à base de bromadiolone contre les campagnols a **toutefois** été **responsable d'intoxications de la faune sauvage, par exposition primaire** (consommation directe des appâts) **ou secondaire** (consommation de campagnols intoxiqués ou de leurs cadavres). **Des mortalités massives de mammifères et d'oiseaux non-cibles ont été constatées** suite à des traitements contre le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) en Espagne (OLEA et al., 2009 ; SANCHEZ-BARBUBO et al., 2012), le campagnol de Brandt (*Microtus brandti*) en Mongolie (WINTERS et al., 2010)

ou le campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) en Suisse et en France (JACQUAT, 1982 ; BERNY et al., 1997 ; KUPPER et al., 2006 ; COEURDASSIER et al., 2014a).

2. Evolution des intoxications de la faune non-cible en France

■ Les faits en Franche-Comté et en Auvergne

Bien que la bromadiolone soit utilisée en France depuis le début des années 80, il a fallu attendre 10 ans pour que le réseau SAGIR (« Surveiller la faune sauvage pour agir ») signale les premiers cas de mortalités massives liés à son utilisation en plein champ **en Franche-Comté** (SAGIR 1992, 1994 ; BERNY et al., 1997). A partir de ces premiers constats, on peut schématiquement distinguer **3 périodes en considérant l'évolution des pratiques de lutte et les effets sur la faune sauvage**. Les **années 1997 et 1998** correspondent aux **plus forts épisodes d'intoxications connus** dans le cas de la lutte contre le campagnol terrestre, avec respectivement 186 et 373 cas signalés dans le Doubs¹ (COUVAL et al., 2013 ; figure 1).

Ils coïncident avec des pullulations de grande ampleur ayant entraîné des traitements intensifs sur plus de 25 % de la surface agricole utile du département. Vient ensuite la **période 1999-2003**, où **la réglementation a évolué** dans le but de rationaliser la lutte chimique, notamment en instaurant une densité seuil de campagnols au-dessus de laquelle tout traitement est interdit. Le nombre d'intoxications rapportées, avec une moyenne de 46 cadavres par an, diminue alors considérablement par rapport à 1997-1998 (figure 1). Les principes d'un contrôle préventif ont commencé à émerger mais l'existence de dérogations permettant des traitements

1 : Dans un rapport d'une mission interministérielle sur la pullulation des campagnols terrestres dans le Haut-Doubs, ARMENGAUD et al. (1999) font même état de 846 cadavres (373 cas SAGIR+469 animaux découverts morts par les agents de l'ONF mais non analysés) parmi lesquels 53 milans royaux, 427 buses variables et 232 renards pour la seule année 1998.



PHOTO 1 : Cadavre de milan royal découvert en Auvergne en automne 2011 (photo : R. Riols).

PHOTO 1 : Red kite corpse discovered in Auvergne in the fall of 2011 (photo : R. Riols).

au-dessus des densités seuils a limité l'efficacité de ces mesures réglementaires. **A partir de 2004, les premiers Contrats de Lutte Raisonnée** ont été proposés aux exploitants francs-comtois (voir COUVAL et TRUCHETET, 2014, cet ouvrage). Depuis, les cas d'intoxication répertoriés n'ont jamais dépassé 12 animaux par an (figure 1).

En Auvergne, la lutte contre le campagnol terrestre a été historiquement moins intensive qu'en Franche-Comté à l'exception des années 2000, 2001 et 2011. Les impacts sur la faune y ont été généralement plus limités, avec 181 cas d'intoxication avérée ou suspectée entre 1998 et 2010 (figure 1). En automne 2011, les pullulations importantes dans un secteur de 500 km² du Puy-de-Dôme ont entraîné des traitements intensifs à la bromadiolone qui ont coïncidé avec le stationnement de 500 milans royaux (*Milvus milvus*) en migration (COEURDASSIER *et al.*, 2014a). Ces circonstances ont provoqué l'intoxication d'au moins 28 milans royaux (photo 1), espèce en déclin faisant l'objet d'un plan national d'actions, et 16 buses variables, ce qui constitue le plus fort épisode de mortalité répertorié en France depuis 2003. L'intoxication de milans royaux, entraînant potentiellement une baisse de 50 % de la population nicheuse du secteur, a également été suspectée au printemps 2012 mais aucun élément n'a permis de prouver formellement un lien avec une exposition à la bromadiolone (COEURDASSIER *et al.*, 2014a).

■ Quelles sont les espèces non-cibles touchées ?

En phase de pullulation, les campagnols constituent la principale ressource alimentaire pour certains prédateurs qui sont exposés par ingestion de rongeurs ayant consommé de la bromadiolone (DELATTRE *et al.*, 2009 ; COEURDASSIER *et al.*, 2012). Ainsi, les **rapaces** représentent 37 % des cadavres retrouvés entre 1998 et 2013 en Franche-Comté et en Auvergne, la buse variable et le milan royal étant les espèces les plus fréquentes (74 et 20 % des rapaces respectivement). Chez les **mammifères**, le renard, victime également d'intoxications secondaires, représente 22 % des cadavres alors que d'autres espèces,

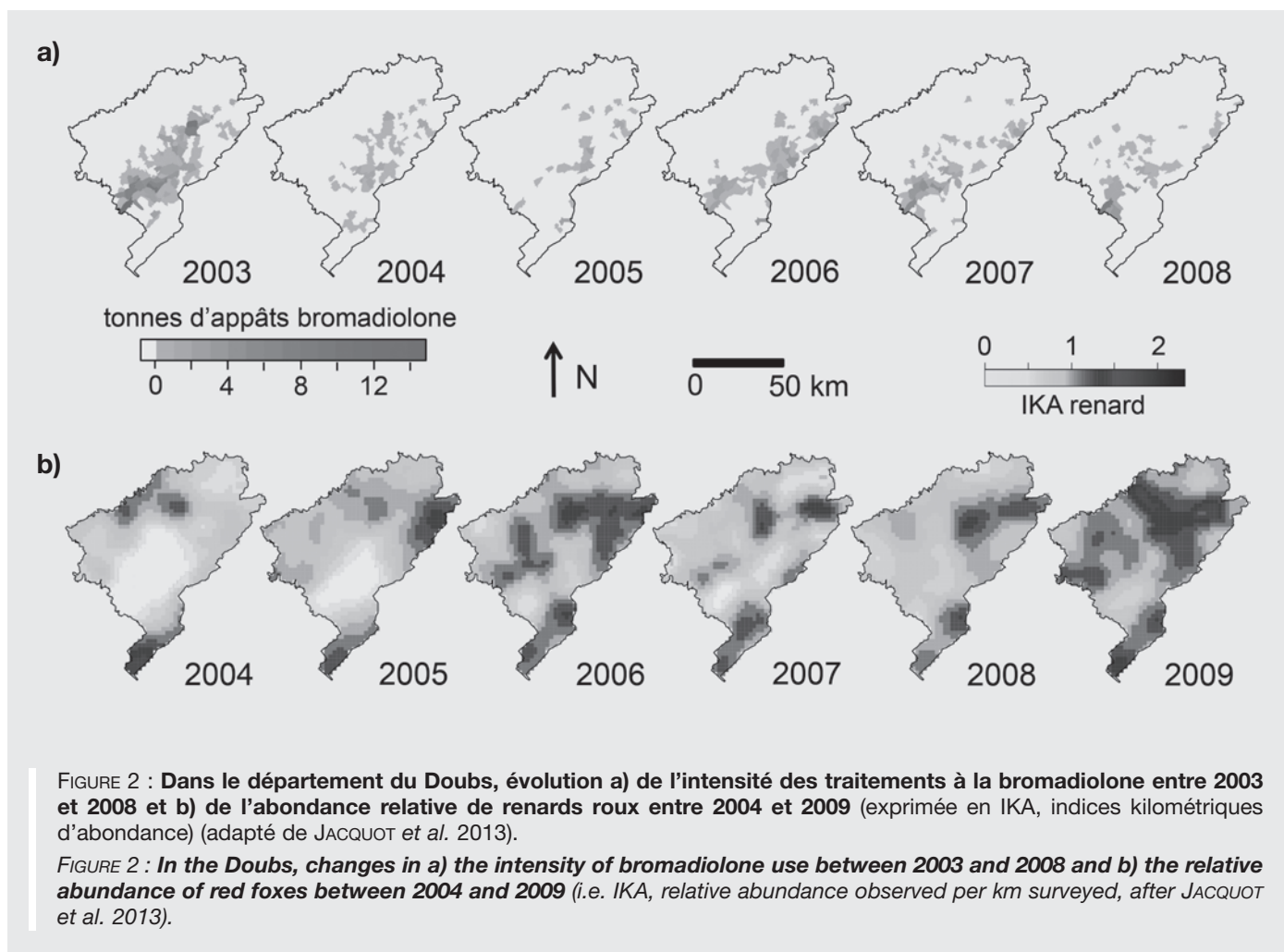
comme le sanglier ou le lièvre (20 % et 8 % des cadavres), sont exposées en consommant aussi des campagnols (sanglier) ou des appâts (sanglier et lièvre). Nous signalerons **l'absence de constats de mortalité d'hermines ou de belettes, pourtant prédateurs spécialistes du campagnol terrestre**, ce qui pourrait s'expliquer par leurs mœurs cryptiques et en grande partie souterraines qui les rendent difficilement observables.

Concernant la **faune domestique**, le Centre National d'Informations Toxicologiques Vétérinaires (CNITV)² a reçu 1 706 appels faisant suite à l'ingestion de bromadiolone par des animaux (dont 9 % présentaient des troubles évocateurs) entre 1998 et 2013. La majorité des cas concerne les carnivores (82,2 % de chiens, 4,2 % de chats) loin devant les espèces de rente. La faune sauvage n'a fait que **très rarement l'objet de signalements** (moins de 1 %). La relation entre la survenue de ces cas d'exposition (voire d'intoxication) à la bromadiolone et la lutte contre les campagnols terrestres n'a jamais été établie car le mode de recueil des informations adopté ne prévoit pas d'interroger le demandeur sur ce point. Certains éléments suggèrent toutefois que ce lien est peu probable en ce qui concerne les espèces domestiques. D'une part, les expositions ayant lieu dans le milieu naturel ne représentent que 0,7 % des cas enregistrés (45 % ont lieu dans les habitations et 34 % sont d'origine indéterminée). D'autre part, les espèces domestiques ont rarement un régime alimentaire composé exclusivement de proies sauvages, de telle sorte que l'intoxication secondaire due à la consommation de campagnols ou d'autres espèces intoxiquées est probablement rare.

3. Quels constats d'effets non intentionnels de la lutte chimique à l'échelle des populations ?

Si l'intérêt d'une surveillance basée sur le signalement de cadavres d'animaux n'est plus à démontrer, il est difficile d'en tirer des informations quantitatives directement exploitables en termes de conséquences sur les populations animales. De plus, on sait qu'une faible proportion de cadavres est retrouvée, si bien que **l'absence de cadavres d'animaux ne signifie pas l'absence d'intoxications** surtout si elles sont peu nombreuses et/ou affectent des espèces rares. SAUCY *et al.* (2001) rapportent un taux de découverte de cadavres d'oiseaux de 14,6 % suite à des recherches actives menées dans le cadre d'une expérimentation en milieu naturel. Le collectif WWF/Adena (2008) estime que les cadavres de milan royal découverts de façon passive (*i.e.* en dehors de tout protocole de recherche standardisé) représentent seulement 3 % des individus réellement empoisonnés. Enfin, **les anticoagulants peuvent également avoir des effets non létaux**, par exemple sur la reproduction (voir la synthèse de JACQUOT, 2013), avec des répercussions possibles sur les populations.

2 : Le CNITV recueille chaque année 20 000 appels concernant des cas d'intoxication (potentielle ou avérée) ou des demandes de renseignement, émanant de vétérinaires praticiens (70 % des cas), de propriétaires (20 % des cas), de laboratoires d'analyses...



Pour ces raisons, en complément de la toxicovigilance existante, **l'effet des traitements à la bromadiolone sur les populations de renards roux a été évalué sur une période de 6 ans à l'échelle du département du Doubs** (JACQUOT et al., 2013 ; figure 2). L'abondance relative des populations de renards a été obtenue par des comptages au phare réalisés par la Fédération des Chasseurs du Doubs sur 472 tronçons suivis depuis 2004, en collaboration avec le laboratoire Chrono-environnement. Les valeurs ont été exprimées sous forme d'indices kilométriques d'abondance (IKA) et elles ont été mises en relation avec l'intensité des traitements à la bromadiolone (kg d'appâts par commune et par an) l'année précédant le comptage.

En 2004, les IKA étaient proches de 0 dans un secteur de 120 km² où les traitements avaient été les plus intensifs l'année précédente. Bien que les traitements aient été plus faibles en 2004, ce secteur présentait toujours des IKA faibles en 2005 mais une récupération semblait s'amorcer. Les années suivantes, les traitements ont été globalement moins intensifs, ce qui s'est traduit par des impacts plus faibles sur les valeurs d'IKA. L'acquisition d'informations complémentaires a permis d'écarter l'influence de certains facteurs comme le piégeage, le tir ou des épidémies locales dans les variations d'abondance observées. Ainsi, les indicateurs disponibles, que ce soit la recherche d'animaux empoisonnés ou le suivi à large échelle d'une population sentinelle, montrent

que **l'évolution des pratiques vers une lutte préventive a permis de limiter les impacts sur la faune sauvage** dans le Doubs au cours des 10 dernières années.

Une question récurrente posée aux écologues concerne les **conséquences de ces effets non intentionnels sur la dynamique de population du campagnol terrestre**. Il n'existe aucune réponse définitive en l'état actuel des connaissances puisque les mécanismes déterminant les cycles de cette espèce restent méconnus. Un modèle conceptuel, dans lequel l'importance de la prédation dans le contrôle de ces dynamiques diffère en fonction du paysage, a cependant été proposé (DELATTRE et al., 2009). Les effets des traitements ne sont mis en évidence que sur des prédateurs généralistes (renard, buse variable...) qui adaptent leur régime alimentaire à la disponibilité des ressources alimentaires et ne sont pas à l'origine de dynamiques cycliques instables de leurs proies comme peuvent l'être les prédateurs spécialistes (hermine...). Ceci suggère que **des mesures favorables au maintien d'une communauté diversifiée de prédateurs généralistes contribuent à limiter l'amplitude des cycles de campagnols** (DELATTRE et al., 2009). Dans des systèmes de production favorisant les prédateurs spécialistes, les conséquences de leur intoxication massive sur les dynamiques de populations de campagnols (amplitude, durée des pics...) ne sont pas connues.

4. Effets sur des espèces à enjeu de conservation

Cas du milan royal : Le milan royal fait partie des espèces régulièrement intoxiquées par la bromadiolone (BERNY et GAILLET, 2008 ; COEURDASSIER *et al.*, 2014b). Le fait qu'il soit un charognard opportuniste explique probablement qu'il soit exposé *via* la consommation de cadavres de campagnols morts à la surface des parcelles traitées, notamment en automne (MONTAZ *et al.*, sous presse). De plus, à cette période de l'année, la présence de fortes densités de campagnols terrestres entraîne la constitution de dorts de plusieurs dizaines voire centaines de milans royaux ainsi qu'une forte spécialisation alimentaire du milan sur *A. terrestris* (COEURDASSIER *et al.*, 2012). Sur la base de ces informations, il a été suggéré que c'est **la consommation de campagnols intoxiqués pendant plusieurs jours consécutifs qui représenterait un risque extrêmement élevé pour le milan** (COEURDASSIER *et al.*, 2012). A notre connaissance, aucune information n'est disponible sur la sensibilité spécifique du milan royal à la bromadiolone. Des travaux ont montré que les rapaces étaient plus sensibles aux anticoagulants que d'autres espèces d'oiseaux (colin de Virginie, canard colvert) classiquement utilisées comme modèles pour évaluer la toxicité des substances d'un point de vue réglementaire (RATTNER *et al.*, 2011, 2012). Ainsi, le milan est une espèce particulièrement vulnérable aux anticoagulants à la fois pour des raisons écologiques (régime alimentaire favorisant l'exposition) et physiologiques (capacités hépatiques de détoxification plus faible chez les rapaces, WATANABE *et al.* 2010). Cette espèce est en déclin depuis deux décennies ; mais quelle est la contribution à ce déclin des mortalités d'adultes et d'im-matures causées par la lutte contre le campagnol terrestre ? En France, la bromadiolone a été responsable de 39 % des cas d'intoxication de milans royaux répertoriés entre 1992 et 2002 (BERNY et GAILLET, 2008). Les intoxications létales d'individus de cette espèce peuvent également survenir en Espagne, pays où hiverne une partie de la population nicheuse nationale. Les estimations du collectif WWF/Adena (2008) font état de 15000 milans royaux potentiellement empoisonnés **en Espagne** entre 1990 et 2005, dont 91,7 % d'**intoxications par des insecticides anticholinestérasiques**. L'utilisation d'un modèle démographique intégrant ces données a permis de calculer que les empoisonnements pourraient avoir occasionné un déclin de 26 % de la population européenne de milans, 22,4 % étant dus aux composés anticholinestérasiques et 2,4 % aux anticoagulants (COEURDASSIER et SCHEIFLER, 2010). On notera ici la situation contrastée entre les deux pays considérés, avec une prédominance des anticoagulants comme agent étiologique dans le contexte français. Enfin, une surveillance récente des expositions non létales aux anticoagulants a été mise en place sur les juvéniles de milans royaux bagués dans le cadre du Plan National d'Actions en faveur de cette espèce. Parmi les 21 populations suivies en 2013, 3 se trouvaient dans les secteurs traités à la bromadiolone



PHOTO 2 : La pie-grièche grise, victime ou non d'intoxications à la bromadiolone ? (photo : K. Dansen).

PHOTO 2 : *The northern shrike: is this species a potential victim of bromadiolone poisoning?*

en Franche-Comté et en Auvergne. Aucun des 10 individus de la population franc-comtoise ne présentait de résidus de bromadiolone dans le sang, alors qu'une exposition de 66 % des 24 poussins auvergnats a été mise en évidence. Aucune relation n'a pu être établie entre ces niveaux d'exposition et la condition corporelle des poussins de milans ou la productivité des nichées (COEURDASSIER *et al.*, 2014b).

Cas de la pie-grièche grise : La pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) est un passereau prédateur qui a subi un déclin marqué sur tout le territoire national avec une **régression des effectifs nicheurs** de 90 % en Franche-Comté et de 33 à 50 % en Auvergne **au cours des 20 dernières années**, régions qui accueillent chacune plusieurs centaines de couples au début des années 90. Le Massif central et le quart nord-est de la France restent cependant des zones d'hivernage majeures pour les oiseaux venus du nord et de l'est de l'Europe en plus des individus sédentaires. Si la pie-grièche grise ne consomme pas de campagnol terrestre, le campagnol des champs (*M. arvalis*) représente une part importante de son régime alimentaire, surtout au moment de la migration post-nuptiale et de l'hivernage (photo 2). L'utilisation de bromadiolone contre le campagnol des champs était interdite jusqu'en 2014 mais SAGE *et al.* (2008) ont mis en évidence l'exposition de ce campagnol suite au traitement d'une parcelle abritant les 2 espèces, *A. terrestris* et *M. arvalis*. Pour cette raison, **la question de l'implication de la bromadiolone dans le déclin observé est posée** par les organismes en charge de la conservation de la pie-grièche grise. A l'heure actuelle, il n'existe aucune preuve directe d'effets des traitements. Le réseau SAGIR ne fait état d'aucun cadavre de cette espèce retrouvé dans les secteurs traités et une exposition à la bromadiolone, même non létale, n'a jamais été mise en évidence. Comme signalé précédemment, dans un réseau de collecte passive, l'absence de cadavres ne constitue pas une preuve d'absence d'effets, notamment en raison de la rareté de la pie-grièche grise et de sa petite taille. De plus, en Franche-Comté, la disparition rapide de la population nicheuse de Haute-Saône entre 1990 et 2000 montre que des intoxications à la bromadiolone, si elles étaient avérées, ne peuvent pas être considérées comme les seules

responsables du déclin régional puisqu'aucun traitement en plein champ n'est réalisé dans ce département. Les **causes de son déclin**, souvent considérées comme **multifactorielles**, sont présentées dans le projet de Plan National d'Actions³.

La méthodologie d'évaluation du risque utilisée pour le milan royal par COEURDASSIER *et al.* (2013) a été adaptée au cas d'une pie-grièche consommant des campagnols des champs dans une parcelle traitée. Le ratio « toxicité - exposition » médian calculé pour une période d'exposition d'une semaine est de 150, ce qui est largement supérieur au seuil de 10 à partir duquel l'Union Européenne considère qu'un risque est caractérisé (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2009). Si cette approche basée sur des calculs simplifiés ne constitue pas une preuve de l'impact de la bromadiolone sur la pie-grièche grise, elle montre qu'on ne peut pas exclure son implication dans le déclin constaté plus localement dans les secteurs traités. Actuellement, l'Auvergne représente le dernier bastion national pour la reproduction de l'espèce. C'est pourquoi la mise en place d'un monitoring spécifique et standardisé dans les secteurs traités et non traités fréquentés par l'espèce est nécessaire pour mieux caractériser les causes de déclin, et notamment pour évaluer le rôle possible de la bromadiolone. Ce monitoring pourrait inclure le suivi de réponses complémentaires (présence/absence communale ou densité de couples et d'individus hivernants, recherche active de cadavres, succès de reproduction, mesure de résidus sanguins...) qui pourraient être utilisées pour l'analyse des relations avec l'intensité des traitements.

5. Evolution des pratiques de lutte et enjeux pour mesurer et limiter les effets non intentionnels

Les pratiques de lutte contre le campagnol terrestre ont considérablement évolué depuis le début des années 2000. Elles sont en effet passées d'une logique curative à une lutte préventive réalisée à basses densités de campagnols (*cf.* article COUVAL et TRUCHETET, du présent n°). Cette évolution s'est concrétisée à travers un contrat de lutte raisonnée (*cf.* article VERILHAC *et al.*, ce n°) proposé aux agriculteurs. Elle trouve maintenant un écho réglementaire dans l'**arrêté interministériel du 14 mai 2014⁴ qui encadre la lutte chimique contre les rongeurs dans un contexte agricole** et qui propose d'étendre son usage à d'autres espèces comme le campagnol des champs ou le campagnol provençal. Bien qu'une diminution drastique des effets non intentionnels sur la faune sauvage ait été observée, les enjeux associés à cette évolution sont de deux types : d'une part prévenir les effets non intentionnels et d'autre part les surveiller activement et de façon standardisée.

3 : Plan National d'Actions consultable sur http://www.consultations-publicques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PNA_Lanius_2014-2018.pdf

4 : Arrêté du 14 mai 2014 relatif au contrôle des populations de campagnols nuisibles aux cultures ainsi qu'aux conditions d'emploi des produits phytopharmaceutiques contenant de la bromadiolone, *J.O.R.F.*, n°0128 du 4 juin 2014, p. 9295.

■ Un outil pour prévenir les effets non intentionnels sur la faune sauvage

« Comment prévenir l'intoxication de la faune sauvage alors que la bromadiolone est toujours autorisée et utilisée ? » Cette question intéresse un groupe de travail piloté par la DRAAF FC⁵ et constitué d'institutions (DREAL FC, DDT25, ONCFS), d'organismes professionnels (FREDON FC), d'associations (LPO FC, FdC25, CPEPESC) et de chercheurs (laboratoire Chrono-Environnement). Ce groupe de travail s'est réuni à 4 occasions en 2011-2012 afin de développer un outil d'aide à la décision permettant d'identifier des situations « à risque d'intoxication » dans un contexte spatialement explicite. La méthode retenue n'est pas basée sur une approche mécaniste utilisant des calculs mathématiques complexes mais sur la **mise en relation des facteurs qui modulent le risque afin d'identifier une convergence de circonstances « favorables » aux intoxications avec une résolution communale**. Elle ne s'applique qu'aux communes ayant déposé un avis de traitement, démarche obligatoire pour toute application de bromadiolone en plein champ. Il s'agit de rassembler et synthétiser **4 types d'informations** à partir d'un système de scores attribuant à chaque commune de la zone d'étude une note de 1, 2 ou 3 en fonction :

- des densités de campagnols (figure 3a) ;
- d'une évaluation de l'« aléa bromadiolone » à partir des pratiques de lutte mises en œuvre dans la commune les années précédentes (figure 3b) ;
- de la présence d'espèces d'oiseaux à enjeux de conservation à savoir le milan royal, la pie-grièche grise et le busard Saint-Martin (figure 3c) ou de la densité relative d'espèces communes mais vulnérables aux intoxications comme le sanglier et le renard (figure 3d). La buse variable sera intégrée ultérieurement dans cet outil.

Un arbre de décision consensuel a été développé à dire d'experts : il permet l'agrégation de 3 des 4 scores (figures 3a, b et c ou figures 3a, b et d) attribués à chaque commune **pour aboutir à un score de risque pour l'avifaune patrimoniale ou la faune dite « commune »** (figures 3e et 3f). Afin de prendre en compte le déplacement des espèces patrimoniales, il a été décidé d'attribuer un niveau de risque « avifaune patrimoniale » de 2 à toutes les communes limitrophes des communes présentant un score de risque de 3 (sauf bien sûr si le score d'une de ces communes est de 3). Il est possible de déterminer un risque global d'intoxication pour la faune sans distinction de statut en retenant, pour une commune donnée, le plus fort score de risque entre « avifaune patrimoniale » et « faune commune ». L'identification d'un

5 : DRAAF FC : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Franche-Comté ; DREAL FC : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Franche-Comté ; DDT25 : Direction Départementale des Territoires du Doubs ; ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage ; FREDON FC : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles de Franche-Comté ; LPO FC : Ligue pour la Protection des Oiseaux de Franche-Comté ; FdC25 : Fédération Départementale des Chasseurs du Doubs ; CPEPESC : Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères

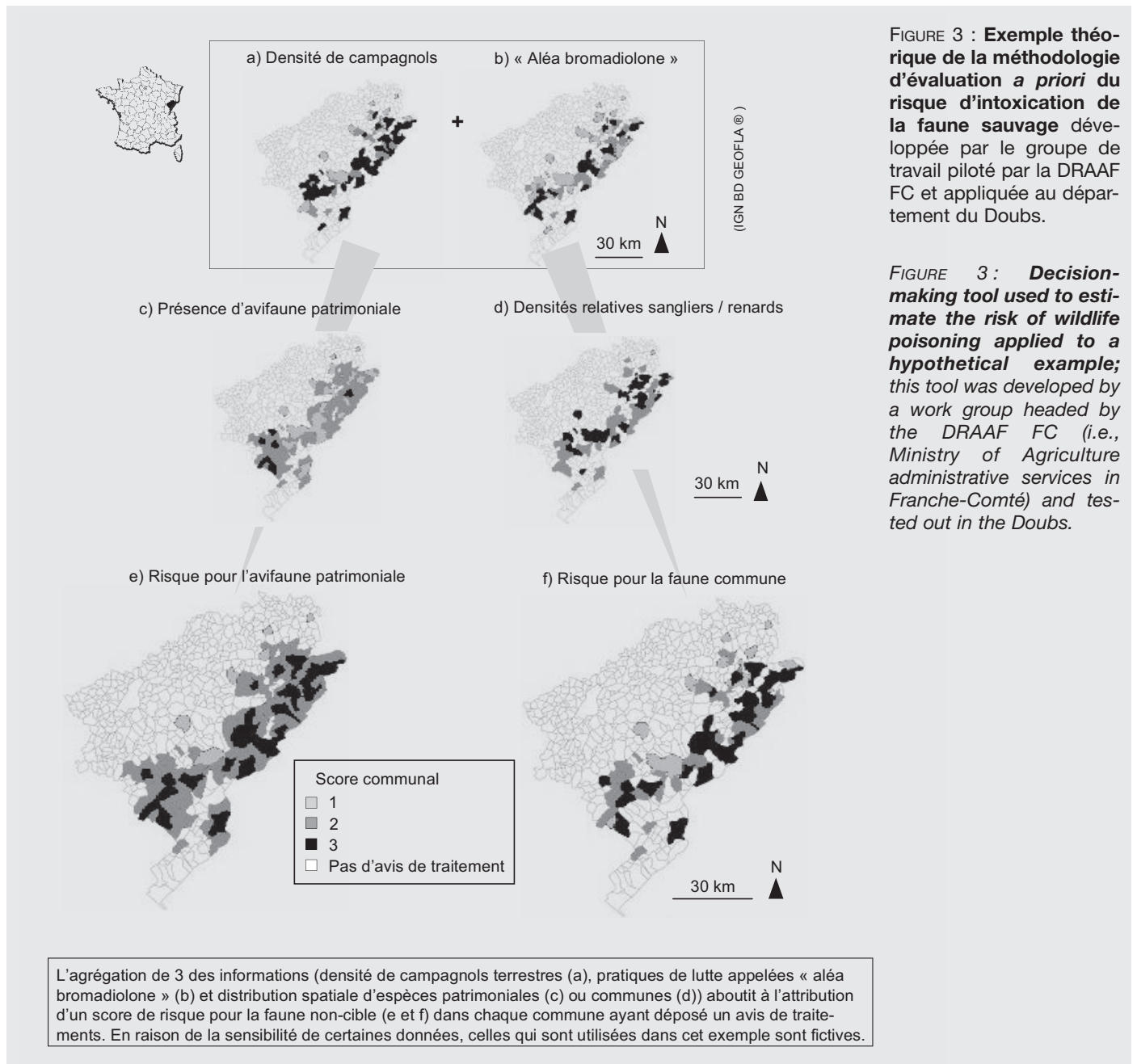


FIGURE 3 : **Exemple théorique de la méthodologie d'évaluation a priori du risque d'intoxication de la faune sauvage** développée par le groupe de travail piloté par la DRAAF FC et appliquée au département du Doubs.

FIGURE 3 : **Decision-making tool used to estimate the risk of wildlife poisoning applied to a hypothetical example;** this tool was developed by a work group headed by the DRAAF FC (i.e., Ministry of Agriculture administrative services in Franche-Comté) and tested out in the Doubs.

risque de niveau 2 ou 3 sur une commune entraîne la mobilisation des institutions et des organismes agricoles qui prennent les dispositions nécessaires pour empêcher les intoxications. Ces dispositions vont de recommandations aux agriculteurs pour adapter leurs pratiques de lutte jusqu'à une interdiction préfectorale de traiter. Les facteurs « densités de campagnols », « aléa bromadiolone » et « présence de faune commune » sont généralement estimés avant les périodes de traitements. En revanche, la distribution spatiale de la faune patrimoniale est plus imprévisible, notamment en automne, saison où 75 % des traitements sont réalisés, et doit donc être étudiée chaque année. Ainsi, les scores de risque « faune patrimoniale » peuvent évoluer très rapidement et l'implication de réseaux d'observateurs actifs et réactifs est indispensable à une utilisation optimale de cet outil. Le groupe de travail a insisté sur la nécessité de valider les prévisions de cette méthodologie, idéalement à partir de protocoles de

recherche active de cadavres, *a minima* à partir des données de toxicovigilance du réseau SAGIR. Cet **outil** a été **utilisé en Franche-Comté depuis 2012** ; 2 cas de mortalité de sangliers en 2012 et 0 cas en 2013 ont été signalés par les réseaux *ad hoc*. Il est souhaitable que ce dispositif, qui fonctionne sur des *a priori* consensuels, soit, après plusieurs années d'application, évalué *a posteriori*, dans le but d'affiner les scores et les méthodes d'agrégation à partir de données empiriques et de situations avérées.

Le nouvel arrêté interministériel étendant l'usage agricole de la bromadiolone à d'autres espèces de rongeurs, les principes de cette méthodologie pourront être repris, sous réserve d'adaptations, pour limiter voire empêcher les intoxications de faune sauvage dans d'autres contextes (par ex. lutte contre le campagnol des champs en grandes cultures et conservation du busard cendré dans l'ouest de la France).

■ Surveiller activement pour mieux évaluer l'exposition et les effets non intentionnels

L'absence de standardisation est un reproche récurrent fait aux protocoles de toxicovigilance passive, qui permettent essentiellement d'obtenir une information qualitative. Elle limite la comparabilité spatiale et temporelle des effets observés, ce qui ne répond que partiellement aux exigences de la directive européenne 2009/128/CE encadrant les suivis post-homologation des produits phytopharmaceutiques. Ainsi, en vue d'une évaluation standardisée des effets non intentionnels des traitements à la bromadiolone, les compléments qui peuvent être proposés au système actuel de toxicovigilance incluent **une surveillance active** :

- **des effets**, à la fois par la recherche de cadavres s'appuyant sur des protocoles standardisés (intoxication aiguë) et par des suivis de la dynamique des populations (intoxications aiguës et chroniques) d'espèces sentinelles (renards roux, milan royal...) à des échelles spatiales et temporelles adaptées. Ces suivis doivent être soutenus par les organismes qui ont en charge la gestion de la biodiversité (Ministères en charge de l'agriculture ou de l'environnement et les agences qui en dépendent) et conduits par les organismes qui en ont la capacité technique (fédérations de chasse, associations naturalistes...);

- **de l'imprégnation de la faune non-cible**, en recherchant des résidus de bromadiolone dans des animaux ou leurs déjections. Ce suivi servirait à mesurer l'évolution temporelle et spatiale de l'exposition de la faune en fonction des pratiques de lutte mises en œuvre et à comparer les niveaux d'exposition entre espèces, afin par exemple d'identifier des espèces « à risque » en fonction de l'exposition mesurée et de leur sensibilité. Il permettrait également de mettre en relation les effets mesurés et les niveaux d'exposition voire de montrer les conséquences indirectes d'une intoxication non létale (augmentation du risque de collision...). L'intégration d'espèces gibiers telles que le sanglier pourrait aider à caractériser le risque pour l'homme. Le dosage des résidus peut être réalisé dans des tissus (en particulier le foie) d'animaux morts dans différentes circonstances (accidents routiers, chasse, campagne de surveillance épidémiologique...) ou dans des matrices ne nécessitant par le sacrifice des animaux, comme le sang (cas du milan royal ; COEURDASSIER *et al.*, 2014b), des crottes (cas du renard ; JACQUOT *et al.*, 2014) ou des pelotes de régurgitation de rapaces (EADSFORTH *et al.*, 1991 ; GRAY *et al.*, 1994).

Conclusion

En 15 ans, les méthodes visant à limiter les dégâts occasionnés aux prairies par les campagnols terrestres ont considérablement évolué. Passant d'une solution unique reposant sur l'application curative de pesticides, elles s'appuient maintenant sur les principes d'une lutte préventive et raisonnée préconisant la mise en œuvre de

méthodes complémentaires à la lutte chimique. Leur efficacité démontrée à limiter les effets non intentionnels sur la faune non-cible a justifié leur intégration dans les nouvelles dispositions réglementaires de contrôle des rongeurs déprédateurs. Actuellement, les principaux enjeux liés à la lutte raisonnée contre le campagnol terrestre concernent probablement plus des intoxications, même limitées, d'espèces à enjeu de conservation que des épisodes de mortalité massive de faune sauvage. Le développement d'un outil d'évaluation du risque visant à prévenir ces impacts devra s'accompagner d'une surveillance standardisée pour évaluer sa fiabilité et mesurer l'efficacité des méthodes mises en œuvre. L'extension de l'usage de la bromadiolone à d'autres espèces de rongeurs déprédateurs pose de nouvelles questions sur les pratiques de traitements et leurs effets non intentionnels. L'expérience acquise dans le cadre de la lutte contre le campagnol terrestre, que ce soit en termes de structuration de réseau de partenaires, de solutions techniques ou de monitorings associés (traçabilité des traitements, mesures de l'exposition et des effets sur la faune...), doit servir à proposer des méthodologies de contrôle plus consensuelles et respectueuses de l'environnement pour ces nouveaux contextes d'usage.

Accepté pour publication,
le 19 août 2014.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMENGAUD J., LAVERNE X., DUPONT Y.(1999) : *Mission interministérielle sur la pullulation des Campagnols terrestres dans le Haut-Doubs*, Conseil général des Ponts et Chaussées, 25 p.
- BERNY P., GAILLET J.R.(2008) : "Acute poisoning of red kites (*Milvus milvus*) in France: data from the SAGIR network", *J. wildlife diseases*, 44, 417-426.
- BERNY P.J., 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, 1817-1829.
- COEURDASSIER M., SCHEIFLER R.(2010) : *Impact of pesticides on Red kite*, SETAC Europe 20th Meet., 23-27 Mai 2010, Séville (Espagne).
- COEURDASSIER M., POIRSON C., PAUL J.-P., RIEFFEL D., MICHELAT D., REYMOND D., LEGAY P., GIRAUDOUX P., SCHEIFLER R.(2012) : "The diet of migrant Red Kites *Milvus milvus* during a Water Vole *Arvicola terrestris* outbreak in eastern France and the associated risk of secondary poisoning by the rodenticide bromadiolone", *Ibis*, 154, 136-146.
- COEURDASSIER M., RIOLS R., DECORS A., MIONNET A., DAVID F., QUINTAINE T., TRUCHETET D., SCHEIFLER R., GIRAUDOUX P.(2014a) : "Unintentional wildlife poisoning and proposals for sustainable management of rodents", *Conservation Biology*, 28, 315-321.
- COEURDASSIER M., CRINI N., AMIOT C., FOUREL I., BERNY P., BRAND J., SCHEIFLER R., FRITSCH C., FAGGIO G., MIONNET A., MORIN C., RIOLS R.(2014b) : *Exposure of nestlings Red Kite to rodenticides, PAHs and metals*, SETAC Europe 24th Annual Meet., 11-15 Mai 2014, Bâle (Suisse).
- COUVAL G., TRUCHETET D., COEURDASSIER M., MICHELIN Y., JACQUOT M., GIRAUDOUX P., BERNY P., DECORS A., MORLANS S., QUINTAINE T., RENAUDE R.(2013) : "Pullulations de campagnol terrestre : quels enjeux ?", *Phytoma*, 664, 29-32.

- DELATTRE P., DAMANGE J.P., RAOUL F., GIRAUDOUX P.(2009) : "Prédation", *Le Campagnol Terrestre: Prévention et Contrôle des Populations*, Delattre P., Giraudoux P. éd.s., éditions Quae, 59-66.
- EADSFORTH C.V., DUTTON A.J., HARRISON E.G., VAUGHAN J.A.(1991) : "A barn owl feeding study with C-14-flocoumafen-dosed mice - Validation of a noninvasive method of monitoring exposure of barn owls to anticoagulant rodenticides in their prey", *Pesticide Sci.*, 32, 105-119.
- ERICKSON W.A., URBAN D.J.(2004) : *Potential Risks of Nine Rodenticides to Birds and Non Target Mammals: A Comparative Approach*, US Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Washington (USA).
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2009) : "Guidance Document on Risk Assessment for Birds & Mammals on request from EFSA", *EFSA Journal*, 7, 1438.
- GRAY A., EADSFORTH C.V., DUTTON A.J.(1994) : "Non-invasive method for monitoring the exposure of barn owls to second-generation rodenticides", *Pesticide Sci.*, 41, 339-343.
- JACQUAT M.(1982) : "Remarques sur l'utilisation de l'ARVICOSTOP pour lutter contre les pullulations du Campagnol terrestre et sur les conséquences pour la faune", *Nos Oiseaux*, 36, 397-400.
- JACQUOT M.(2013) : *Usages des rodenticides anticoagulants et conséquences en termes d'exposition et d'impact pour les populations de renard roux*, thèse, Université de Franche-Comté, consultable en ligne : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00917412/>
- JACQUOT M., COEURDASSIER M., COUVAL G., RENAUE R., PLEYDELL D., TRUCHETET D., RAOUL F., GIRAUDOUX P.(2013) : "Using long-term monitoring of red fox populations to assess changes in rodent control practices", *J. Applied Ecology*, 50, 1406-1414.
- JACQUOT M., COEURDASSIER M., SAGE M., FOUREL I., DINKEL A., PARMENTIER A-L., DERVAUX A., RIEFFEL D., PRAT-MAIRET Y., RAOUL F., SCHEIFLER R., GIRAUDOUX P.(2014) : "Linking predator exposure and patterns of treatments with anticoagulant rodenticides by using faeces", *SETAC Europe 24th Annual Meet.*, 11-15 Mai 2014, Bâle (Suisse).
- KUPPER J., GROBOSCH T., KISTLER R., SYDLER T., NAEGELI H.(2006) : "Bromadiolone poisoning in foxes", *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*, 148, 405-408.
- MONTAZ J., JACQUOT M., COEURDASSIER M. : Scavenging of rodent carcasses following simulated mortality due to field applications of anticoagulant rodenticide", *Ecotoxicology* (sous presse).
- OLEA P.P., SÁNCHEZ-BARBUDO I.S., VIÑUELA J., BARJA I., MATEO-TOMÁS P., PIÑEIRO A., MATEO R., PURROY F.J.(2009) : "Lack of scientific evidence and precautionary principle in massive release of rodenticides threatens biodiversity: old lessons need new reflections", *Environmental Conservation*, 36, 1-4.
- RATTNER B.A., HORAK K.E., WARNER S.E., DAY D.D., METEYER C.U., VOLKER S.F., EISEMANN J.D., JOHNSTON J.J.(2011) : "Acute toxicity, histopathology, and coagulopathy in American kestrels (*Falco sparverius*) following administration of the rodenticide diphacinone", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30, 1213-1222.
- RATTNER B.A., HORAK K.E., LAZARUS R.S., EISENREICH K.M., METEYER C.U., VOLKER S.F., CAMPTON C.M., EISEMANN J.D., JOHNSTON J.J.(2012) : "Assessment of toxicity and potential risk of the anticoagulant rodenticide diphacinone using Eastern screech-owls (*Megascops asio*)", *Ecotoxicology*, 21, 832-846.
- SAGE M., COEURDASSIER M., DEFAUT R., GIMBERT F., BERNY P., GIRAUDOUX P.(2008) : "Kinetics of bromadiolone in rodent populations and implications for predators after field control of the water vole, *Arvicola terrestris*", *Science of The Total Environment*, 407, 211-222.
- SAGIR (1992) : *Bilan des opérations de traitement contre le Campagnol terrestre (Arvicola terrestris). Automne 1991*, ONC, Service Départemental de la Garderie du Doubs, 3 p.
- SAGIR (1994) : *Traitements des campagnols aux anticoagulants. Campagne de traitement d'automne 1993*, ONC, Service Départemental de la Garderie du Doubs, 3 p.
- SANCHEZ-BARBUDO I.S., CAMARERO P.R., MATEO R.(2012) : "Primary and secondary poisoning by anticoagulant rodenticides of non-target animals in Spain", *Science of The Total Environment*, 420, 280-288.
- SAUCY F., MEYLAN A., POITRY R., FEARE C.(2001) : "Lessons from 18 years of use of anticoagulants against fossorial *Arvicola terrestris* in Switzerland", *Advances in vertebrate pest management*, Pelz J., Cowan J. (eds), Filander Verlag, Fürth (Suisse), 71-90.
- SINGLETON G.R., BELMAIN S.R., BROWN P.R., HARDY B.(2010) : *Rodent Outbreaks: Ecology and Impacts*, Int. Rice Res. Institute, Los Banos (Philippines).
- WATANABE K.P., SAENGTIENCHAI A., TANAKA K.D., IKENAKA Y., ISHIZUKA M.(2010) : "Comparison of warfarin sensitivity between rat and birds species", *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 152, 114-119.
- WINTERS A.M., RUMBEIHA W.K., WINTERSTEIN S.R., FINE A.E., MUNKHTSOB B., HICKLING G.J.(2010) : "Residues in Brandt's voles (*Microtus brandti*) exposed to bromadiolone-impregnated baits in Mongolia", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 1071-1077.
- WWF/Adena (2008) : *El veneno en España (1990-2005) - Análisis del problema, incidencia y causas*, Propuestas de WWF/Adena, WWF, Madrid (Espagne).

