



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

*The French Journal on Grasslands and Forages*

Cet article de la revue **Fourrages**,  
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données  
et pour vous abonner :

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12  
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : [contact@afpf-asso.fr](mailto:contact@afpf-asso.fr)

Association Française pour la Production Fourragère

# Suivi à long terme d'une zone de pullulation cyclique de campagnols terrestres : le contrôle raisonné des populations est possible !

P. Giraudoux<sup>1,2,3</sup>, G. Couval<sup>1,3,4</sup>, A. Levret<sup>3,4</sup>, D. Mougin<sup>3,5</sup>, A. Delavelle<sup>3,6</sup>

**La régulation des populations de campagnols terrestres, de laquelle dépend l'autonomie fourragère des élevages dans plusieurs régions de moyenne montagne, passe par le concept de lutte raisonnée et une batterie d'actions préventives à basse densité. Leur efficacité, mesurée pendant 12 ans (2 cycles) dans une zone expérimentale du massif du Jura, est présentée ici.**

## RÉSUMÉ

Les effets des actions à long terme mises en œuvre par 28 exploitants dans le cadre d'une expérience de lutte raisonnée à basse densité ont été suivis de 2005 à 2016. Dans la plupart des parcelles suivies, elles ont ralenti la phase de croissance et ont permis de maintenir la population à des valeurs inférieures à celles observées dans les zones alentours, parfois même pendant tout le cycle pour certains îlots. Une enquête rétrospective indique, parmi les éléments de la «boîte à outils», l'importance particulière du contrôle des populations de taupe, de la persistance des interventions et de la perturbation régulière du sol. Une approche multifactorielle réunissant plusieurs exploitants est essentielle pour créer une dynamique collective sur une surface suffisante et conserver l'autonomie fourragère requise.

## SUMMARY

### **A long-term study of European water vole population outbreaks reveals that integrated control is possible**

From 2005 to 2016, we monitored the effects of the long-term integrated control measures used by 28 farmers who wished to control European water vole populations. On most study parcels, preventive strategies implemented at low population densities slowed the vole's growth phase and maintained local populations at levels below those observed in surrounding areas; in some cases, the effect persisted for the entire population cycle. The results of the study reveal the importance of controlling mole populations, continuously implementing control measures, and persistently disturbing the soil (e.g., via livestock grazing or using farm equipment). To affect a sufficiently large land surface area and maintain farm forage autonomy, it is necessary to adopt a multifactorial approach and unify the efforts of multiple farmers.

Dans les zones de montagne, l'autonomie fourragère de nombreux élevages est régulièrement mise à mal par les pullulations cycliques de campagnol terrestre, *Arvicola scherman*, anciennement *A. terrestris* (TRUCHETET *et al.*, 2014). Les dégâts engendrés peuvent être considérables, jusqu'à une perte estimée dans le massif du Jura à 40 k€ en une année de pic de pullulation pour un

GAEC à 4 associés (SCHOUWEY *et al.*, 2014). A la fin du XX<sup>e</sup> siècle, les tentatives de contrôle de ces pullulations s'effectuaient uniquement par des traitements chimiques rodenticides à base de bromadiolone, appliqués tardivement et à des échelles inappropriées. Leurs effets délétères sur la faune non-cible entraînaient entre autres une surmortalité des prédateurs des campagnols, ce qui a

## AUTEURS

- 1 : UMR6249 Chrono-environnement, Université de Bourgogne Franche-Comté/CNRS, 16, route de Gray, F-25030 Besançon ; patrick.giraudoux@univ-fcomte.fr
- 2 : Institut Universitaire de France, 103, boulevard Saint-Michel, F-75005 Paris
- 3 : LTER - France, Zone atelier Arc jurassien, 16, route de Gray, F-25030 Besançon
- 4 : FREDON (Fédération régionale de défense contre les ennemis des cultures) de Franche-Comté, Espace Valentin Est, 12, rue de Franche-Comté, Bât. E, F-25480 Ecole-Valentin
- 5 : Le Prélot, F-25450 Damprichard
- 6 : Association Charquemont Lutte Anti-Campagnols (CLAC), Cerneux-Maillot, F-25120 Charquemont

**MOTS CLÉS :** *Arvicola terrestris*, campagnol, concertation, dégât, déprédateur, Doubs, expérimentation longue durée, Franche-Comté, gestion des prairies, lutte raisonnée, mode d'exploitation, pâturage, prairie, pratiques des agriculteurs, *Talpa europaea*, taupe, travail du sol, variations interannuelles.

**KEY-WORDS :** *Arvicola terrestris*, concertation, damage, depredator, Doubs, farmers' practices, field vole, Franche-Comté, grassland, grassland management, grazing, integrated control, inter-annual variations, long-duration experiment, mole, soil tillering, *Talpa europaea*, type of management.

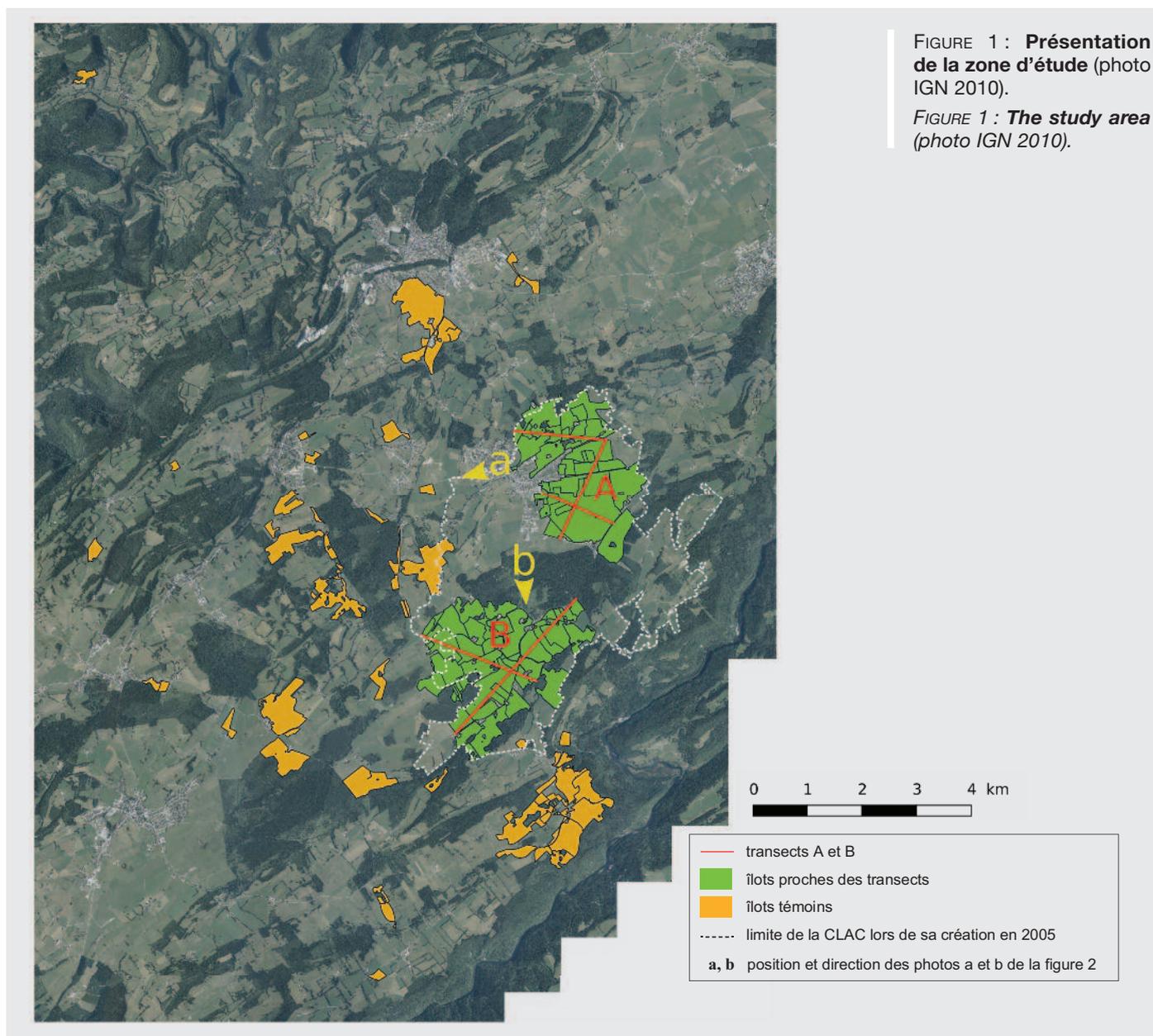
**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE :** Giraudoux P., Couval G., Levret A., Mougin D., Delavelle A. (2016) : «Suivi à long terme d'une zone de pullulation cyclique de campagnols terrestres : le contrôle raisonné des populations est possible !», *Fourrages*, 230, 169-176.

conduit à la restriction réglementaire de ces molécules et à la recherche d'autres stratégies de lutte (BERNY *et al.*, 1997 ; DELATTRE et GIRAUDOUX, 2005).

Au début des années 2000, sur la base des résultats obtenus par des chercheurs de l'Université de Bourgogne Franche-Comté et de l'INRA et grâce à l'appui technique de la FREDON de Franche-Comté, **des groupes d'exploitants ont choisi d'associer plusieurs méthodes de lutte sélectionnées dans un ensemble nommé « boîte à outils », appliquées de façon préventive et sur de grandes surfaces** (plusieurs centaines d'hectares, souvent sur plusieurs exploitations contiguës) (DELATTRE et GIRAUDOUX, 2009). Une modification des itinéraires techniques de production de fourrage s'est imposée, afin de défavoriser l'habitat du campagnol terrestre et de la taupe, *Talpa europea*, laquelle facilite la colonisation des parcelles (DELATTRE *et al.*, 2006), et de favoriser leurs prédateurs (COUVAL et TRUCHETET, 2014). L'efficacité du piégeage bien qu'avérée (BERNARD *et al.*, 2009) s'est alors heurtée à un problème de disponibilité de main d'œuvre. La lutte chimique est donc restée employée mais à

très basse densité, avant le démarrage de la pullulation, contre la taupe par gazage au phosphore d'hydrogène et contre le campagnol terrestre par des appâts empoisonnés à la bromadiolone, préférentiellement distribués à la canne dans des colonies encore rares et éloignées les unes des autres, en dessous d'un seuil de densité relative qui a ensuite été fixé réglementairement (LEGIFRANCE, 2014). Ce concept de lutte préventive et de « boîte à outils » est depuis 2005 valorisé sous la forme d'un « contrat de lutte raisonnée », passé entre l'éleveur et l'Organisme à vocation sanitaire régional reconnu dans le domaine végétal. Il a permis dans les quinze dernières années de limiter drastiquement les effets non intentionnels des traitements à la bromadiolone, mais pas encore de les éliminer totalement (COUVAL *et al.*, 2013a, b ; JACQUOT *et al.*, 2013 ; COEURDASSIER *et al.*, 2014).

La lutte raisonnée est une méthode de longue haleine, par essence préventive, donc pratiquée à basse densité. Les effets sont longs à mesurer puisqu'ils ne trouvent leur pleine expression que plusieurs années plus tard, par la diminution, et si la lutte est bien conduite la suppression, des pics



de pullulation. L'exploitant s'appuie simultanément sur plusieurs leviers d'action qui peuvent varier au cours des années selon l'expérience qu'il capitalise ; cela complique la mise au point de protocoles scientifiques de suivi qui viseraient à apporter la preuve de l'effet d'un facteur plutôt que d'un autre, car ils doivent accepter les adaptations et évolutions du travail de l'exploitant. De plus, le temps d'observation est nécessairement long et l'obtention de répliques difficile, un cycle démographique durant de 5 à 6 ans en général.

Cette durée, la complexité méthodologique et les aléas consécutifs de financement d'un suivi sur le long terme expliquent que nous ne disposions à ce jour, à notre connaissance, que de peu de résultats formels mesurant en dimension réelle les effets de la lutte raisonnée, à l'exception de résultats préliminaires présentés dans COUVAL *et al.* (2009) et du témoignage oral des exploitants qui la mettent en œuvre. Le présent article a pour but de combler cette lacune et de documenter les **résultats obtenus au cours d'un suivi de 12 ans** (deux cycles).

## 1. Matériel et méthodes

### ■ Terrain d'étude

Le terrain d'étude, entre 850 et 950 m d'altitude, est situé sur les communes voisines (département du Doubs) de Charquemont (47,22°N, 6,82°E) et Les Écorces. Il regroupe les exploitations des **adhérents de l'association « Charquemont Lutte Anti-Campagnol »** (CLAC), créée en 2004 sur 1 100 ha. Elle a pour objectifs d'anticiper les démarrages de cycles de pullulation et de réduire les pertes économiques, tout en préservant la faune non-cible

### ■ Estimation des variations de densité

Les variations de **densité relative de campagnol terrestre, de campagnol des champs (*Microtus arvalis*) et de taupe** ont été mesurées le long de deux groupes de transects indiciaires **A et B**, respectivement de 5 et 5,5 km, qui traversent la CLAC (figure 1). L'observateur parcourt le transect en comptant ses pas et, tous les 10 pas, note s'il a observé dans l'intervalle au moins un indice correspondant à chaque espèce. Les variations du pourcentage d'intervalles occupés ont été démontrées comme étant corrélées aux variations d'abondance (GIRAUDOUX *et al.*, 1995 ; QUÉRE *et al.*, 2000). Les transects ont été parcourus au printemps (avril) et en automne (octobre) de 2005 à 2015, avec une interruption du printemps 2008 à l'automne 2009, faute de financement. De plus, en 2016, les conditions printanières n'ont pas permis de réaliser les comptages, qui ont été alors reportés en été (juillet). Les données du Registre parcellaire graphique 2014 (Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt) ont été utilisées pour attribuer à chacun des **îlots PAC traversés le segment de transect** qui lui correspond, et donc reconstituer les dynamiques de population dans chaque îlot. Seuls ont été pris en compte, pour l'analyse, les segments de transects dépassant 10 intervalles.

Bien qu'initiés au début du projet, il n'a malheureusement pas été possible, toujours pour des raisons financières, de maintenir des transects indiciaires « témoins » en dehors de la CLAC. Cependant, chaque année, au printemps et à l'automne, l'ensemble des communes à risque du département du Doubs sont visitées par des techniciens de la FREDON qui les scorent au titre de la surveillance biologique du territoire dans le cadre de ses missions confiées de service public (GIRAUDOUX *et al.*, 1997 ; BERTHIER *et al.*, 2014a ; COUVAL et GIRAUDOUX, 2014). Les mesures ainsi effectuées dans **les communes voisines** de Maïche, Cernay-l'Église et Dampri-chard ont été utilisées pour suivre le déroulement du cycle dans un contexte spatialement voisin **où la lutte raisonnée n'était pas pratiquée** pendant la période d'étude. S'étalant de 0 à 5, bien que moins précis localement qu'un transect, ces scores sont calibrables à leurs valeurs extrêmes, dans la mesure où le plus élevé (5) correspond à une couverture au sol de 100 % par des tumuli de campagnol terrestre à l'échelle de nombreuses parcelles (pic de pullulation), donc à l'équivalent d'un transect indiciaire local de 100 %, et que le score de 0 correspond à une absence d'indices visibles dans la commune, donc à l'équivalent d'un transect indiciaire de 0 % à l'échelle de la parcelle. Ces correspondances et le contraste sur le terrain entre les zones de lutte de la CLAC et les communes périphériques ont par ailleurs été contrôlés visuellement par survol ULM (figure 2).

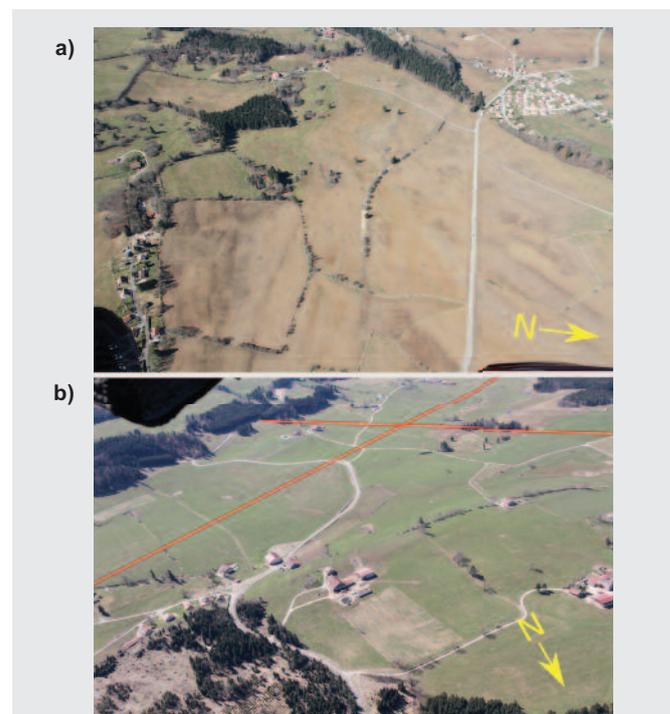


FIGURE 2 : **Effet d'une pullulation de campagnols sur les prairies a) dans la zone témoin et b) dans la zone de lutte raisonnée** (avril 2013 ; position et direction des photos indiquées sur la figure 1 ; figure 2b : le transect B est matérialisé par les droites ; photos : D. Mougin).

FIGURE 2 : **Effect of water vole outbreaks on grasslands in a) the control zone and b) the treatment zone** (i.e., subject to integrated control, april 2013; see fig. 1 for the relative position and orientation of the areas in the photos; in fig. 2b, the transect B sampled is depicted with lines; photos : D. Mougin).

Outil	Mode de quantification <sup>(1)</sup>	Unité	Transects A (n = 28) <sup>(2)</sup>				Transects B (n = 41)				Hors zone (n =56)			
			min	med	max	%	min	med	max	%	min	med	max	%
<b>Piégeage</b>	présence/absence	(année)	0	2	8	46,4	0	0	6	53,7	0	0	4	94,6
<b>Bromadiolone</b>	dose moyenne	(kg d'appât/ha)	0	6,1	50,8	32,1	0	2,6	19,4	43,9	0	0	13,7	73,2
<b>PH3</b>	dose moyenne	(kg d'appât/ha)	0	0	0,6	64,3	0	0	1,0	70,7	0	0	0	100
<b>Pâture</b>	nb pâturages/an (0-4) <sup>(3)</sup>	-	0	12	48	28,6	0	12	48	12,2	0	12	48	2
<b>Pâture chevaux</b>	présence/absence	(année)	0	0	12	82,1	0	0	1	97,6	0	0	12	86
<b>Décompactage</b>	présence/absence	(année)	0	0	7	89,3	0	0	7	63,4	0	0	9	82,1
<b>Labour + prairie</b>	présence/absence	(année)	0	0	4	71,4	0	0	2	87,8	0	0	1	98,2
<b>Labour + céréales</b>	présence/absence	(année)	0	0	6	89,3	0	0	5	80,5	0	0	0	100
<b>Perchoirs</b>	nb à proximité immédiate	(nb x années)	0	0	84	89,3	0	0	32	90,2	0	0	0	100
<b>Broyage refus</b>	présence/absence	(année)	0	0	12	75,0	0	0	12	80,5	0	12	12	21
<b>Autre</b>	présence/absence	(année)	0	0	1 <sup>(4)</sup>	96,4	0	0	12 <sup>(5)</sup>	95,1	0	0	0	100
<b>Moyenne</b>			<b>69,5</b>				<b>70,5</b>				<b>77,9</b>			

- 1 : 12 est la valeur théorique maximale des variables binaires Piégeage, Pâture chevaux, décompactage, Labour + prairie, Labour + céréales, Broyage refus, Autre. Les valeurs pour la bromadiolone et le PH3 correspondent au totaux des valeurs annuelles sur 12 ans ; nb : nombre
- 2 : n : nombre d'îlots ; min, med, max : minimum, médiane et maximum des intensités de mise en œuvre des moyens de lutte. Les pourcentages correspondent au pourcentages d'îlots sur lesquels aucune intervention n'a été conduite pour la catégorie considérée
- 3 : La valeur 4 est donnée pour un pâturage permanent (absence de fauche)
- 4 : Plantation de 400 m de haie sur une parcelle en 2015
- 5 : Passage d'une émolleuse au printemps sur une parcelle

TABLEAU 1 : Intensité de mise en œuvre des moyens de lutte sur une période de 12 ans (résultats de l'enquête auprès des agriculteurs).

TABLE 1 : Intensity of the integrated control measures taken over the 12-year study period (results of the survey of farmers).

## ■ Pratiques agricoles

Afin de caractériser les pratiques mises en œuvre de 2014 à 2015, **une enquête rétrospective** a été effectuée auprès des exploitants pendant le printemps et l'été 2016, **concernant l'usage de chacun des principaux éléments de la boîte à outils**. Les catégories prises en compte sont résumées dans le tableau 1. Les données concernant l'usage de la bromadiolone et du PH3 sont issues des registres de traçabilité gérés par la FREDON de Franche-Comté (COVAL et GIRAUDOUX, 2016). Les îlots CLAC sélectionnés pour cette enquête sont ceux qui sont inclus partiellement ou en totalité dans les polygones convexes formés par chacun des transects A et B (28 et 41 îlots respectivement, correspondant à 11 et 17 exploitants). Les autres îlots extérieurs à la CLAC, utilisés comme témoin, correspondent à 9 exploitants (56 îlots) de communes périphériques (figure 1).

## ■ Environnement de calcul

Les calculs et représentations graphiques ont été effectués dans l'environnement de développement R 3.3.2 (R CORE TEAM, 2016) avec notamment les packages rgdal 1.2-4 et rgeos 0.3-21 (BIVAND et al., 2013) et le système d'information géographique Quantum GIS 2.18.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016).

## 2. Résultats

Bien que quelques pics d'ampleur importante mais de durée limitée aient été enregistrés, principalement dans le transect A au moment du deuxième pic de pullulation, **la**

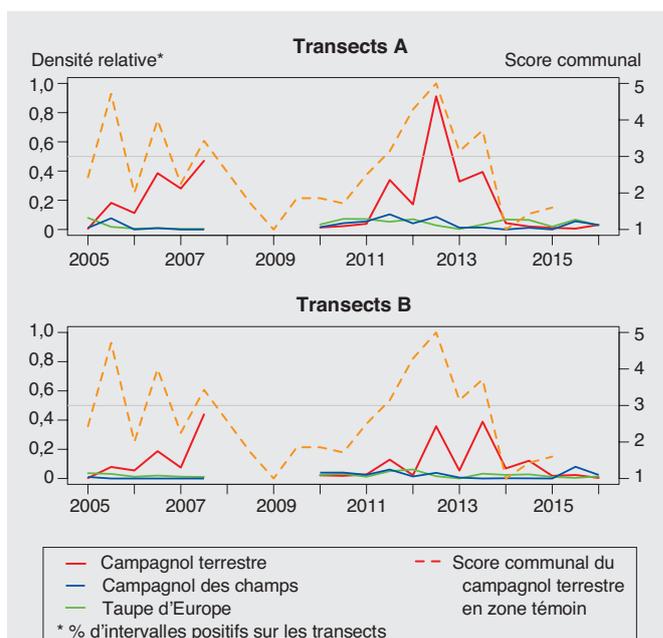


FIGURE 3 : Moyenne des cinétiques des populations de campagnol terrestre, campagnol des champs et taupe dans les îlots des zones A et B<sup>1</sup>.

FIGURE 3 : Mean relative population densities over time for water voles, common voles, and moles in parcels sampled in study zones A and B<sup>1</sup>.

1 : les cinétiques parcelle par parcelle sont téléchargeables sur : <http://afpf-asso.org/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/2117>  
*parcel-specific dynamics are provided in the supplementary material available from [www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org) (<http://afpf-asso.org/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/2117>)*

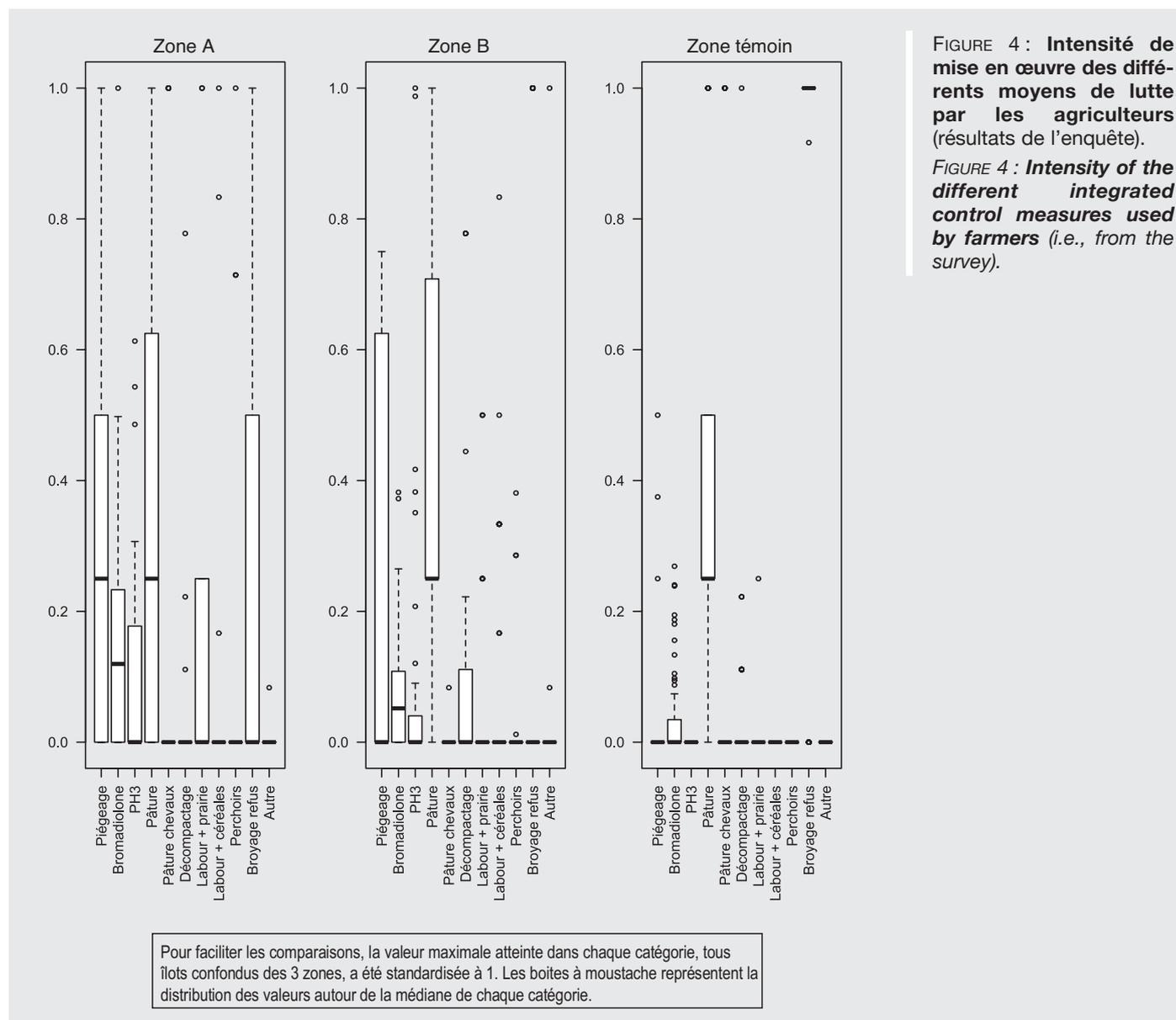


FIGURE 4 : Intensité de mise en œuvre des différents moyens de lutte par les agriculteurs (résultats de l'enquête).

FIGURE 4 : Intensity of the different integrated control measures used by farmers (i.e., from the survey).

**lutte raisonnée** a maintenu la plupart du temps les densités relatives de campagnol terrestre bien inférieures à celles observées dans les communes voisines à la même époque (figure 3). Elle **a permis généralement de maintenir la population à relativement basse densité**, inférieure à 50 % d'intervalles positifs, pendant la phase de croissance de chaque cycle, et parfois même pendant tout le cycle dans certains îlots. Les performances observées sur le transect B sont toutefois nettement supérieures à celles observées sur le transect A (voir discussion). Les photos de la figure 2 illustrent de manière frappante la différence d'état de la végétation au début du printemps entre zone en lutte raisonnée (transect B) et zone témoin.

Le tableau 1 et la figure 4 montrent notamment que :

- Comparativement, les fréquences de traitement contre la taupe (PH3) ont été beaucoup plus élevées dans les zones en lutte raisonnée (aucune parcelle n'a été traitée hors zone), ainsi que ceux contre le campagnol terrestre qu'il s'agisse de piégeage (46,4 et 53,5 % contre 94,6 % sans intervention hors zone) ou de lutte chimique contre les

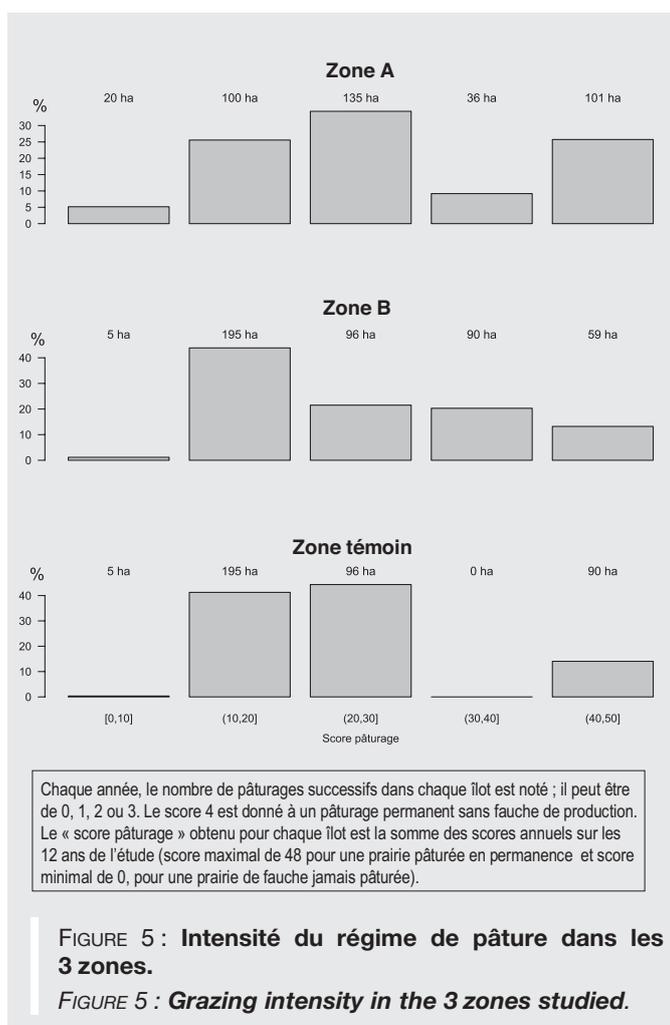
campagnols basée sur l'usage de bromadiolone (32,1-43,9 % contre 73,2 %). Ces chiffres soulignent la continuité temporelle et spatiale de l'effort de contrôle à basse densité des deux espèces dans les parcelles en lutte raisonnée.

- La fréquence de labour a été également plus élevée dans les zones en lutte raisonnée (plus de 98 % des îlots sans aucun labour hors zone en lutte raisonnée contre 71,4-89,3 en zone en lutte raisonnée).

- Les perchoirs à rapace n'ont été utilisés que dans les zones en lutte raisonnée.

- La fauche des refus a été plus systématiquement pratiquée hors des zones de lutte raisonnée (21 % des îlots sans fauche des refus contre 75,0-80,5 % dans les zones en lutte raisonnée).

- Enfin, 2 % seulement des îlots n'ont pas été pâturés hors des zones de lutte raisonnée, contre 12,2-28,6 % en lutte raisonnée (tableau 1), mais la figure 5 montre que le régime de pâturage plus intense (catégorie [30, 40]) a été notablement plus important (36-90 vs 0 ha) dans les deux zones en lutte raisonnée comparées à celle hors zone



(figure 5). Dans les zones en lutte raisonnée, plus d'îlots ont été laissés en prairie de fauche pas ou peu pâturées (catégorie [0, 10]), alors que des régimes de pâture plus intenses, entre pâture « classique » (catégorie [10, 30]) et pâture quasi permanente ou permanente (catégorie [40,50]), ont été privilégiés pour d'autres îlots cibles.

### 3. Discussion

#### ■ Les causes multifactorielles de variations de densité mieux comprises

Les cycles de pullulation de campagnols terrestres ont été décrits de longue date dans plusieurs régions françaises (TRUCHETET *et al.*, 2014) et suisses (SAUCY, 1994). Les conditions qui les favorisent sont bien connues. Dans toutes les régions où elles ont été étudiées, comme en Franche-Comté (GIRAUDOUX *et al.*, 1997 ; BERTHIER *et al.*, 2014b), en Auvergne (FICHET-CALVET *et al.*, 2000) et dans les Alpes (HALLIEZ *et al.*, 2015), elles se sont révélées globalement identiques. L'augmentation des surfaces en herbe et de la productivité fourragère (GIRAUDOUX *et al.*, 1997 ; MORILHAT *et al.*, 2007), l'absence de perturbation du sol (GIRAUDOUX *et al.*, 1997 ; FICHET-CALVET *et al.*, 2000), l'activité des taupes qui en creusant des galeries favorise la colonisation

des parcelles (DELATTRE *et al.*, 2006) et la diminution de l'hétérogénéité du paysage (suppression des espaces boisés comme les haies et bosquets et augmentation de la contiguïté spatiale des parcelles en herbe, etc.) (DUHAMEL *et al.*, 2000 ; MORILHAT *et al.*, 2008) sont les facteurs électifs. Quelques-uns de ces facteurs, certaines de leurs combinaisons ou des voisinages spatiaux plus complexes (par exemple lorsqu'une pullulation déborde d'un espace favorable vers des espaces défavorables *a priori*) permettent aux populations d'atteindre de fortes densités.

Les causes des déclin restent toutefois encore un mystère bien que le vieillissement des populations pendant cette phase ait été pointé par CERQUEIRA *et al.* (2006) qui, compte-tenu de l'absence observée de réduction de la reproduction, l'attribuent à une mortalité accrue des jeunes, d'origine encore inconnue. De plus, l'existence de « vagues voyageuses » dont la propagation est totalement indépendante des conditions météorologiques locales exclut l'influence de la météorologie sur la dynamique de la population à échelle régionale. Enfin, le fait systématiquement observé de synchronie locale des déclin, même dans les parcelles voisines plus faiblement colonisées et dont la végétation est pratiquement intacte, montre que l'hypothèse d'une régulation par le seul effet de l'épuisement des ressources alimentaires est insuffisante. Les facteurs responsables du déclin sont donc à rechercher dans des causes supplémentaires externes non météorologiques. Le rôle combiné ou non de la prédation et des maladies reste donc une des hypothèses explicatives les plus fondées.

Il n'en reste pas moins que, même si tout n'est pas compris dans les processus de déclin, les conditions systémiques favorisant les pullulations sont suffisamment connues pour donner prise à l'action (DELATTRE et GIRAUDOUX, 2009 ; COUVAL *et al.*, 2013a, b ; MICHELIN *et al.*, 2014). L'impossibilité technique de contrôler les pullulations quand elles sont déclenchées, à un moment d'ailleurs où les dégâts fourragers sont tels que des essais de contrôle « malgré tout » n'empêchent pas les pertes, et **l'inefficacité des approches mono-factorielles dans ces systèmes complexes, appellent la mise en œuvre d'une lutte préventive, sur de grandes surfaces, permanente, s'appuyant sur la connaissance des multiples déterminants de la croissance démographique.** Une approche réunissant plusieurs exploitants est alors souvent essentielle pour créer une dynamique collective sur une surface suffisante et conserver l'autonomie fourragère requise (CUENOT, 2014).

Les résultats présentés ici confirment cette possibilité. Ils mesurent l'efficacité d'une lutte préventive, laissée à l'initiative des exploitants réunis dans un groupement de lutte, qui adaptent et optimisent selon les conditions locales les éléments fournis par une boîte à outils, sous contrainte économique et technique (touchant la viabilité de leur exploitation), sociale (la possibilité de faire vivre un groupement de lutte, et la perception qu'a la société de son agriculture et des éleveurs) et environnementale (utiliser des méthodes respectueuses de la biodiversité et de l'environnement). Le scientifique qui suit de telles actions grandeur nature est bien sûr frustré de ne pas pouvoir enregistrer et rapporter le détail de toutes les décisions et

de leur évolution dans le temps conduisant au contrôle des pullulations. Il n'en reste pas moins que l'objectivation des résultats obtenus est un point essentiel à un débat technique et sociétal serein sur le sujet.

## ■ Les leviers d'action

Si l'on tente de hiérarchiser les facteurs qui, en combinaison, apparaissent contribuer à un effet mesurable, le plus frappant est l'absence totale de **lutte contre la taupe** hors zone de lutte raisonnée. Les galeries de taupe peuvent donc être colonisées par les campagnols sans qu'aucun indice de surface typique n'apparaisse, ce qui entraîne ensuite l'explosion soudaine d'une population qui jusqu'alors passait inaperçue, bien que présente. Une véritable lutte précoce ne peut pas être menée dans de telles conditions.

Le deuxième facteur important est la **permanence de la lutte directe à basse densité**, ce qui se traduit ici par une fréquence d'intervention, quelle que soit la technique utilisée (piégeage, PH3 ou bromadiolone) beaucoup plus élevée dans les zones en lutte raisonnée. Cette fréquence plus élevée ne se traduit pas nécessairement par un temps de travail toujours plus élevé. Au dire des exploitants eux-mêmes, au fur et à mesure des cycles, et forts de l'expérience acquise, dans des espaces où les premiers indices sont bien visibles, et sur des processus mieux connus, les interventions sont plus précoces et ciblées, mieux intégrées dans les visites habituelles de parcelles, et donc au total de plus en plus courtes. Ces interventions plus fréquentes, à basse densité, se traduisent également par un risque d'effets non intentionnels sur la faune non cible moins élevé (JACQUOT *et al.*, 2013 ; COEURDASSIER *et al.*, 2014).

L'étude des régimes de pâturage montre que les zones en lutte raisonnée privilégient, sur une partie importante de leurs rotations, **une fréquence de pâturage plus élevée**. Dans cette étude longue, il a été impossible, hélas, de connaître le détail de chaque stratégie, qui est adaptative dans le temps court et propre à chaque exploitant. Il s'agit, le plus souvent, d'**augmenter les alternances fauche / pâture** au sein d'une année, notamment dans les zones à risque. L'un des exploitants, par exemple, va jusqu'à fractionner son troupeau en deux avec des traites séparées, pour augmenter le piétinement de certaines parcelles.

La plus grande fréquence des fauches de refus hors zone de lutte raisonnée est peut-être la conséquence de l'importance de pullulations de campagnols non contrôlées qui favorisent les *Rumex* et autres espèces de faible appétence.

Enfin, au dire des exploitants, les différences d'efficacité de la lutte raisonnée observées entre le transect A et le transect B tiennent à une **approche plus collective et plus motivée sur les luttes directes** (piégeage, et produits phytosanitaires en basse densité) dans le transect B. Cela s'est traduit dans le transect A, par une part plus importante de prairies de fauche sans ou avec peu d'alternance fauche/pâture et par des interventions en phase de faible densité relativement tardives, qui n'ont pu empêcher, en 2012, une situation devenue incontrôlable.

## Conclusion

Une stratégie de lutte raisonnée, par essence préventive, combinant les actions sur plusieurs facteurs dont on sait qu'ils contribuent à favoriser les pullulations, offre des perspectives importantes. L'expérience capitalisée depuis maintenant plus de 30 ans (DELATTRE et GIRAUDOUX, 2009 ; MICHELIN *et al.*, 2014) montre l'inefficacité et le coût des approches mono-factorielles (mono-outils), ou de ne rien faire, et laisse augurer que quelles que soient les pistes actuellement prospectées qui cherchent à augmenter le nombre d'outils disponibles, ceux-ci trouveront leur efficacité dans une stratégie d'usage raisonné qui en combine plusieurs, préventive et cohérente, à basse densité.

Divers systèmes de pullulations de campagnols terrestres sont décrits, procédant de mécanismes similaires chaque fois qu'ils ont été étudiés, allant de fluctuations imprévues et sporadiques aux grandes vagues voyageuses régulières très prévisibles, de Franche-Comté et du Massif central, connues en prairie depuis plus de 40 ans (TRUCHE-TET *et al.*, 2014). Des variations régionales particulières tenant par exemple à la topographie et à l'évolution des types d'agriculture pratiqués sont rapportées dans ce cadre (COUVAL *et al.*, 2014). Le contrôle des populations de campagnols appelle une meilleure connaissance de ces déclinaisons locales et, en conséquence, une adaptation spécifique des méthodes de lutte aux conditions de chaque exploitation sous critère économique, social et environnemental. Il ne fait aucun doute que les progrès en matière de lutte et le partage d'expérience dépendent en grande partie de la capacité des exploitants, des organismes techniques agricoles et de recherche à mettre en place à chaque fois des protocoles de suivi sur le long terme (LINDENMAYER et LIKENS, 2009 ; LINDENMAYER *et al.*, 2011) permettant de tirer un bilan objectif des recherches - actions ainsi conduites et un système de mémoire permettant de capitaliser les acquis de chaque expérience.

Accepté pour publication,  
le 26 avril 2017.

**Remerciements** : Ces travaux ont été conduits dans le cadre de missions de service public par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt confiées à la Fédération régionale de défense contre les ennemis des cultures (FREDON) de Franche-Comté. Nous remercions vivement les membres de la CLAC, ainsi que l'ensemble des agriculteurs du canton de Maïche qui ont participé à l'enquête. Ces travaux ont été suivis dans le cadre du dispositif «rongeurs - prédateurs» de la Zone atelier Arc jurassien (<http://zaaj.univ-fcomte.fr/spip.php?article29>) et d'une convention technique annuelle soutenue par la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt de Franche-Comté.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNARD N., MORILHAT C., GIRAUDOUX P. (2009) : «Expérience de piégeage», *Le Campagnol terrestre: prévention et contrôle des pullulations*, QAE, Versailles, 139-142.
- 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 (8), 1817-1829.

- BERTHIER K., FOLTETE J. C., GIRAUDOUX P. (2014a) : «The effect of landscape heterogeneity on the spread of water vole outbreaks», *Fourrages*, 220, 319-326.
- BERTHIER K., PIRY S., COSSON J. F., GIRAUDOUX P., FOLTETE J. C., DEFAUT R., TRUCHETET D., LAMBIN X. (2014b) : «Dispersal, landscape and travelling waves in cyclic vole populations», *Ecol. Lett.*, 17 (1), 53-64.
- BIVAND R. S., PEBESMA E. J., GOMEZ-RUBIO V. (2013) : *Applied spatial data analysis with R. Second edition*, Springer, New York.
- CERQUEIRA D., DE SOUSA B., GABRION C., GIRAUDOUX P., QUERE J. P., DELATTRE P. (2006) : «Cyclic changes in the population structure and reproductive pattern of the water vole, *Arvicola terrestris* Linnaeus, 1758», *Mamm. Biol.*, 71 (4), 193-202.
- COEURDASSIER M., RIOLS R., DECORS A., MIONNET A., DAVID F., QUINTAINE T., TRUCHETET D., SCHEFLER R., GIRAUDOUX P. (2014) : «Unintentional Wildlife Poisoning and Proposals for Sustainable Management of Rodents», *Conserv. Biol.*, 28 (2), 315-321.
- COUVAL G., GIRAUDOUX P. (2014) : «*Arvicola* : scores d'abondance du campagnol terrestre dans les départements du Doubs et du Jura», <https://dataosu.obs-besancon.fr/FR-18008901306731-2015-03-04> [17/12/2016].
- COUVAL G., TRUCHETET D. (2014) : «Le concept de lutte raisonnée : combiner des méthodes collectives contre le campagnol terrestre afin de conserver une autonomie fourragère», *Fourrages*, 220, 343-347.
- COUVAL G., GIRAUDOUX P. (2016) : «Bromadiolone en Franche-Comté», <http://dataosu.obs-besancon.fr/FR-18008901306731-2016-02-15> [17/12/2016].
- COUVAL G., DEFAUT R., GABRY D., TRUCHETET D. (2009) : «Expérimentations en Franche-Comté», *Le Campagnol terrestre : prévention et contrôle des pullulations*, QAE, Versailles, 131-138.
- COUVAL G., TRUCHETET D., COEURDASSIER M., MICHELIN Y., JACQUOT M., GIRAUDOUX P., BERNY P., DECORS A., MORLANS S., QUINTAINE T., RENAUE R. (2013a) : «Pullulations de campagnol terrestre : quels enjeux ?», *Phytoma*, 664, 21-32.
- COUVAL G., TRUCHETET D., COEURDASSIER M., MICHELIN Y., JACQUOT M., GIRAUDOUX P., BERNY P., DECORS A., MORLANS S., QUINTAINE T., RENAUE R. (2013b) : «La lutte raisonnée contre le campagnol terrestre», *Phytoma*, 664, 33-36.
- COUVAL G., MICHELIN Y., GIRAUDOUX P., MAIRE F., TRUCHETET D. (2014) : «Changements agricoles de 1956 à 2010 et évolution des pullulations d'*Arvicola terrestris* : comparaison entre la Bourgogne, la Franche-Comté et les Alpes», *Fourrages*, 220, 303-310.
- CUENOT F. (2014) : «Et demain...», *Fourrages*, 220, 365-366.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P. (2005) : «Le contrôle des rongeurs non commensaux : impasse du tout chimique et perspectives de lutte intégrée», *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement : pesticides et biopesticides, agriculture durable*, C. Regnault-Roger, G. Fabre, et B. Philogène, eds., Tec. et Doc., Cachan.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P. (2009) : *Le Campagnol terrestre: prévention et contrôle des pullulations*, Savoir Faire, QAE, Versailles, 264 p.
- DELATTRE P., CLARAC R., MELIS J. P., PLEYDELL D. R. J., GIRAUDOUX P. (2006) : «How moles contribute to colonization success of water voles in grassland: implications for control», *J. Appl. Eco.*, 43 (2), 353-359.
- DUHAMEL R., QUÉRÉ J. P., DELATTRE P., GIRAUDOUX P. (2000) : «Landscape effects on the population dynamics of the fossorial form of the water vole (*Arvicola terrestris* scherman)», *Lands. Ecol.*, 15, 89-98.
- FICHET-CALVET E., PRADIER B., QUÉRÉ J. P., GIRAUDOUX P., DELATTRE P. (2000) : «Landscape composition and vole outbreaks: evidence from an eight year study of *Arvicola terrestris* scherman», *Ecography*, 23, 659-668.
- GIRAUDOUX P., PRADIER B., DELATTRE P., DEBLAY S., SALVI D., DEFAUT R. (1995) : «Estimation of water vole abundance by using surface indices», *Acta Theriol.*, 40 (1), 77-96.
- GIRAUDOUX P., DELATTRE P., HABERT M., QUERE J. P., DEBLAY S., DEFAUT R., DUHAMEL R., MOISSENET M. F., SALVI D., TRUCHETET D. (1997) : «Population dynamics of fossorial water vole (*Arvicola terrestris* scherman): a land usage and landscape perspective», *Agric. Ecosyst. Environ.*, 66, 47-60.
- HALLIEZ G., RENAULT F., VANNARD E., FARNY G., LAVOREL S., GIRAUDOUX P. (2015) : «Historical agricultural changes and the expansion of a water vole population in an Alpine valley», *Agric. Ecosyst. Environ.*, 212, 198-206.
- 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. Appl. Eco.*, 50 (6), 1406-1414.
- LEGIFRANCE (2014) : *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*, <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029039908>, [29/12/2016].
- LINDENMAYER D., LIKENS J. (2009) : «Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring», *Trends Ecol. Evol.*, 24 (9), 482-486.
- LINDENMAYER D., LIKENS J., HAYWOOD A., MIEZIS L. (2011) : «Adaptive monitoring in the real world: proof of concept», *Trends Ecol. Evol.*, 26 (12), 641-646.
- MICHELIN Y., COUVAL G., GIRAUDOUX P., TRUCHETET D. (2014) : *Pour en finir avec les paradis du campagnol terrestre : de la compréhension des pullulations dans les prairies à l'action !*, *Fourrages*, Versailles, 91 p.
- MORILHAT C., BERNARD N., BOURNAIS C., MEYER C., LAMBOLEY C., GIRAUDOUX P. (2007) : «Responses of *Arvicola terrestris* scherman populations to agricultural practices, and to *Talpa europaea* abundance in eastern France», *Agric. Ecosyst. Environ.*, 122 (3), 392-398.
- MORILHAT C., BERNARD N., FOLTETE J. C., GIRAUDOUX P. (2008) : «Neighbourhood landscape effect on population kinetics of the fossorial water vole (*Arvicola terrestris* scherman)», *Lands. Ecol.*, 23 (5), 569-579.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (2016) : *QGIS Geographic Information System*, <http://www.qgis.org/>, [18/12/2016].
- QUÉRÉ J. P., RAOUL F., GIRAUDOUX P., DELATTRE P. (2000) : «An index method applicable at landscape scale to estimate relative population densities of the common vole (*Microtus arvalis*)», *Rev. Ecol.-Terre Vie*, 55, 25-32.
- R CORE TEAM (2016) : *R: A language and environment for statistical computing*, <https://www.R-project.org/>, [17/12/2016].
- SAUCY F. (1994) : «Density dependence in time series of the fossorial form of the water vole, *Arvicola terrestris*», *Oikos*, 74, 381-392.
- SCHOUWEY B., CASSEZ M., COUVAL G., FONTANIER M., MICHELIN Y. (2014) : «Campagnol terrestre et lutte raisonnée : quels impacts économiques sur les exploitations en AOP Comté ?», *Fourrages*, 220, 297-302.
- TRUCHETET D., COUVAL G., MICHELIN Y., GIRAUDOUX P. (2014) : «Genèse de la problématique du campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) en prairies», *Fourrages*, 220, 279-284.
- VERILHAC A., COUVAL G., MICHELIN Y. (2014) : «Expérimenter «grandeur nature» les méthodes de lutte raisonnée», *Fourrages*, 220, 349-355.