

Evaluation du risque d'abondance du campagnol des champs (*Microtus arvalis*) en fonction du type de prairie

M. Benoit¹, L. Crespin², P. Delattre²,
V. Mehay¹, J-P. Quéré²

Les populations de campagnols des champs sont soumises à des fluctuations importantes d'abondance. Si l'effet de la structuration des paysages est assez bien connu, l'influence des facteurs s'exerçant à l'échelle parcellaire reste à étudier malgré son intérêt pour la mise en place de stratégies de lutte... C'est l'objet de cet article.

RÉSUMÉ

Les réponses démographiques des populations de campagnols des champs à l'échelle parcellaire dépendent des itinéraires techniques et des pratiques agricoles. Plusieurs catégories de prairies sont différenciées et mettent en valeur que les prairies fauchées, permanentes et temporaires, présentent les densités de campagnols les plus élevées dues à un milieu plus favorable (quiétude et prolificité supérieures et meilleure protection contre la prédation). Pour maintenir ces populations à un niveau de densité non dommageable à la production fourragère, quelques préconisations sont énoncées concernant aussi bien l'entretien des milieux herbacés, la protection de la faune prédatrice (rapaces et carnivores) que l'aménagement des territoires.

MOTS CLÉS

Campagnol, dégât, déprédateur, évolution, gestion des prairies, *Microtus arvalis*, mode d'exploitation, paysage, Plateau Lorrain, typologie des prairies, variations interannuelles, végétation, Vosges.

KEY-WORDS

Change in time, damage, depredator, field vole, grassland typology, inter-annual variations, landscape, *Microtus arvalis*, pasture management, Plateau Lorrain, type of management, vegetation, Vosges.

AUTEURS

1 : INRA, Station de Mirecourt, 662, avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt.

2 : Centre de Biologie et Gestion des Populations, UMR 1062 INRA, F-34988 Montferrier/Lez.

CORRESPONDANCE

Jean-Pierre Quéré, CBGP, Campus International de Baillarguet, CS 30 016, F-34988 Montferrier/Lez ; quere@supagro.inra.fr

Le campagnol des champs (*Microtus arvalis*) est une espèce à vaste répartition géographique qui occupe une majeure partie de l'Europe, de l'extrémité ouest jusqu'à l'Altaï (SHENBROT et KRASNOV, 2005). L'espèce est très prolifique (MARTINET, 1967 ; SPITZ, 1974) et les fortes fluctuations d'abondance qui la caractérisent (SPITZ, 1974 ; DELATTRE *et al.*, 1992 ; GIRAUDOUX *et al.*, 1994) s'accompagnent localement de dégâts importants (SPITZ, 1968 ; TRUSKOWSKI, 1982 ; LAUENSTEIN, 1986). L'intensité des dégâts résulte de la conjonction de nombreux facteurs : la densité de population, la durée de la phase d'abondance et la nature des prairies. Entre autres exemples, une augmentation des densités de population de 150 à 2 000 individus par hectare au cours des 4 premiers mois de croissance d'une prairie temporaire entraîne une perte de 87% de la récolte (SPITZ, 1989).

Aux échelles régionales et sectorielles, **l'influence de la structuration des paysages explique largement les variations d'abondance des populations** (DELATTRE *et al.*, 1996, 1999 ; RAOUL *et al.*, 2001). En revanche, **l'influence des facteurs s'exerçant à l'échelle parcellaire** (pratiques agricoles, conduites pastorales, nature du couvert herbacé...) **reste peu étudiée** malgré son intérêt pour la mise en place de stratégies de lutte.

L'objectif de ce travail est de rechercher les relations entre la nature et la conduite du couvert herbacé et les cinétiques locales des populations de *M. arvalis*. Pour mener cette analyse, nous nous sommes proposés ; i) d'établir une typologie des milieux herbacés cultivés (prairies permanentes et temporaires) ; ii) de rechercher des indicateurs phytosociologiques et des indicateurs de conduite de chacun des types prairiaux définis ; iii) d'évaluer, en référence à la typologie prairiale établie, les réponses démographiques des populations de *M. arvalis*.

1. Matériel et méthodes

■ Sites d'étude

Deux sites lorrains (département des Vosges) ont été utilisés (figure 1). Ce sont :

- le périmètre de protection des sources hydrominérales de Vittel (48° 10' N, 5° 57' E) : plateau de faible altitude (350 m à 450 m) situé sur un sous-sol calcaire et découpé par un réseau hydrographique à faible débit. Sa surface est d'environ 5 000 ha dont 3 500 de surface agricole utile (SAU) orientée vers la production laitière et les céréales. Les surfaces toujours en herbe (STH) couvrent environ 60% de la SAU ;

- le domaine expérimental de l'INRA à Mirecourt (48° 18' N, 6° 7' E), d'une superficie de 239 ha, comporte 160 ha de prairies permanentes. Leur conduite est partagée entre 100 ha toujours pâturés par les bovins (vaches laitières et génisses) et 60 ha d'abord fauchés au printemps (mai et juin) puis pâturés par ces mêmes animaux en été et automne.

FIGURE 1 : Localisation des deux sites d'étude (Mirecourt et Vittel, département des Vosges, France).

FIGURE 1 : Location of the 2 sites of the study (Mirecourt and Vittel, département Vosges, France).

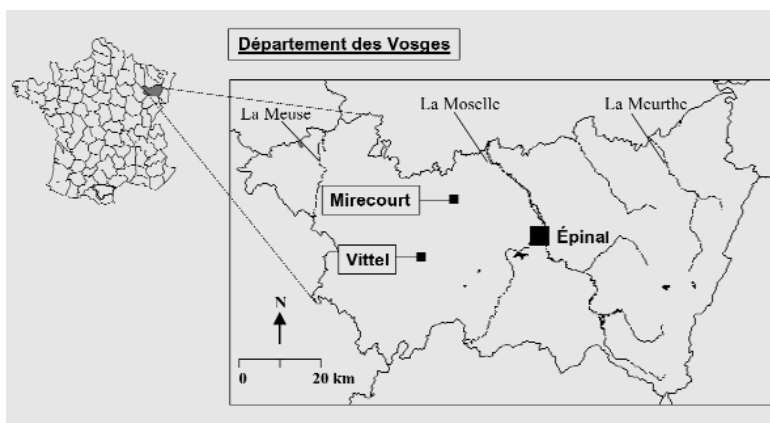


FIGURE 2 : Typologie prairiale établie à partir de 88 parcelles mettant en évidence 4 grandes catégories de prairies et 12 types de conduites culturales (secteurs de Vittel et Mirecourt).

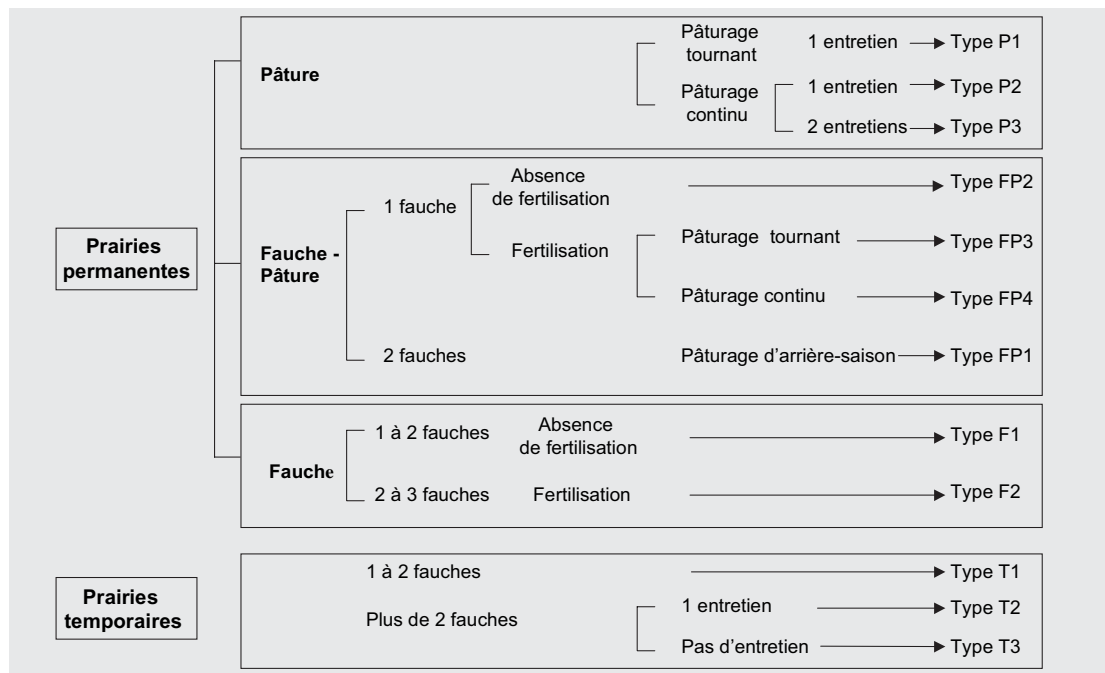
FIGURE 2 : Pasture typology set up on the basis of 88 fields exemplifying 4 great kinds of pastures and 12 types of crop management (sites of Vittel and of Mirecourt).

Les conditions climatiques, comparables sur les 2 sites, sont de type océanique à tendance continentale. La pluviométrie moyenne annuelle, calculée sur 10 ans à Mirecourt, est de 893 mm. Les pluies sont régulièrement réparties avec un bilan hydrique excédentaire de septembre à mars. La température annuelle moyenne est de 9,8°C. Les températures moyennes mensuelles varient de 1,9°C (janvier) à 18,6°C (juillet).

■ Choix et description des parcelles

- Typologie prairiale

Une typologie prairiale a été définie pour les 2 sites (Vittel et Mirecourt) à partir des résultats d'une enquête menée durant le printemps 2004 et basée sur un inventaire des conduites



prairiales établi respectivement sur 67 et 21 parcelles de Vittel et Mirecourt. L'enquête a pris en compte ; i) le semis dans le cas de prairies temporaires (date, type et culture précédente) ; ii) l'importance de la fertilisation (époque, type et quantité) ; iii) la fréquence des fauches (dates) ainsi que leur mode de récolte (foin ou ensilage) ; iv) la fréquence du pâturage (dates, charge d'animaux par hectare) ; v) la fréquence des interventions d'entretien (fauche des "refus", "raboitage" des prairies). La typologie prairiale est basée sur une analyse des correspondances multiples (ACM) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH).

Cette analyse nous a permis de définir 12 types de prairies, en fonction des différentes conduites culturales (figure 2). Faut de effectifs suffisants dans chaque type, nous les avons regroupés en quatre types prairiaux : i) prairies permanentes uniquement pâturées (PP) ; ii) prairies permanentes fauchées puis pâturées (FP) ; iii) prairies permanentes uniquement fauchées (F) ; iv) prairies temporaires (T).

- Composition floristique

La recherche d'indicateurs phytosociologiques du couvert herbager a été menée à la fois pour : i) compléter la typologie établie précédemment ; ii) se substituer éventuellement, et pour d'autres circonstances ultérieures, aux enquêtes précédentes, dispendieuses en temps. Dans ce but, une caractérisation du couvert herbager a été établie dans chacune des 67 parcelles de Vittel par la **méthode du relevé simplifié** de ARRANZ *et al.* (2004). La méthode consiste à déterminer visuellement les espèces rencontrées le long de transects en décrivant un 8 ou un Z dans chaque parcelle et à évaluer leur abondance. Trois classes et valeurs d'abondance ont été retenues : 10 pour les espèces dominantes, 4 pour les sous-dominantes, 1 pour les autres. Cette pondération permet de s'approcher d'une caractérisation simple des composantes de la prairie en donnant un poids majeur aux espèces dominantes et de simplifier ainsi le positionnement d'une nouvelle prairie dans la typologie produite. La **recherche de groupements végétaux caractéristiques** des types prairiaux a été conduite par une analyse factorielle des correspondances. L'ensemble des analyses multivariées et des dendrogrammes a été effectué à partir de Microsoft Access® sous XL-Stat Pro 7.0®. **Trois types de couvert herbacé ont été définis en**

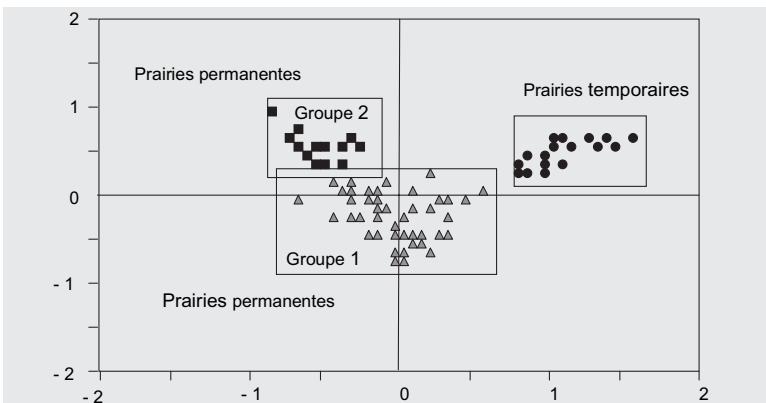


FIGURE 3 : Profil des parcelles en fonction de la composition floristique obtenue par AFC : l'axe 1 explique 12,69 % de la variance totale ; l'axe 2, 8,52 % (secteurs de Vittel et Mirecourt).

FIGURE 3 : Results of the Factorial Analysis of Correspondences applied to the floristic composition : axis 1 explains 12.69% of the total variance; axis 2 explains 8.52% of it (Vittel and Mirecourt sites).

fonction du nombre d'espèces végétales rencontrées dans chaque parcelle (figure 3). Le groupe 1 compte en moyenne 24,7 espèces par relevé, le second 33,8 et le troisième 14,2. Les groupes 1 et 2 sont indicateurs des prairies permanentes. Le groupe 3, caractérisé par la présence de la luzerne cultivée (*Medicago sativa*), est indicateur des prairies temporaires.

Les relations entre les 9 types de prairies permanentes et leur composition floristique montre que chaque type se différencie des autres par quelques **espèces différentielles** (tableau 1). Les relations entre typologie prairiale et composition floristique ne sont pas univoques. A une même conduite de prairie peut correspondre des associations différentes d'espèces dues à d'autres co-variables : type de sols et exposition en particulier.

La composition floristique des prairies temporaires est essentiellement dépendante du type de semis et peu de l'itinéraire technique.

■ Les populations de campagnols

L'échantillonnage a été réalisé à 2 échelles spatiales, celle du paysage et celle des parcelles.

A l'échelle du paysage, les variations d'abondance de *M. arvalis* sont établies sur la base du **dénombrement régulier** (printemps et automne) d'indices de présence le long de parcours de plusieurs kilomètres (DELATTRE *et al.*, 1990 ; QUÉRÉ *et al.*, 2000). A Vittel, cette méthode indiciaire est appliquée depuis 1999 et a permis de positionner notre étude dans le contexte temporel du cycle pluriannuel des populations, *i.e.* pendant les phases de faible densité et croissance de ce cycle, dont le rythme est de 4 ans sur le site de Vittel (figure 4).

A l'échelle parcellaire, les **niveaux d'abondance** de *M. arvalis* ont été **évalués sur l'ensemble des 67 parcelles** de référence de

TABLEAU 1 : Liste des espèces différentielles établies pour les types de prairies permanentes des secteurs de Vittel et Mirecourt suivant leur mode d'exploitation (P : pâturées, PF : pâturées et fauchées, F : fauchées) et leur type de conduites culturales.

TABLE 1 : Listing of the differential species for the types of permanent pastures studied at the sites of Vittel and Mirecourt, according to the harvesting method (P : grazing, PF : grazing and mowing, F : mowing) and the type of crop management.

Type de prairie	Espèces différentielles	
P1		Chiendent rampant (<i>Agropyron repens</i>)
P2	Petite oseille (<i>Rumex acetosella</i>)	Crételle (<i>Cynosurus cristatus</i>)
P3	Géranium découpé (<i>Geranium dissectum</i>)	Géranium mou (<i>Geranium molle</i>) Minette (<i>Medicago lupulina</i>)
PF1		Herbe au chantre (<i>Sisymbrium officinale</i>) Renoncules (<i>Ranunculus sp.</i>) Camomille (<i>Matricaria discoidea</i>)
PF2	Vulpin (<i>Alopecurus sp.</i>)	Rhinanthe mineure (<i>Rhinantus minor</i>) Stellaire graminée (<i>Stellaria graminea</i>)
PF3		Richesse floristique élevée
PF4		Fétuque des prés (<i>Festuca pratensis</i>)
F1	Brome dressé (<i>Bromus erectus</i>) Lotier corniculé (<i>Lotus corniculatus</i>) Avoine élevée (<i>Arrhenaterum elatius</i>)	Séneçon jacobée (<i>Senecio jacobea</i>) Vescs (<i>Vicia sp.</i>) Grande Berce (<i>Heracleum sphondylium</i>)
F2	Centaurée des près (<i>Centaurea pratensis</i>)	Gaillet mou (<i>Galium molugo</i>)

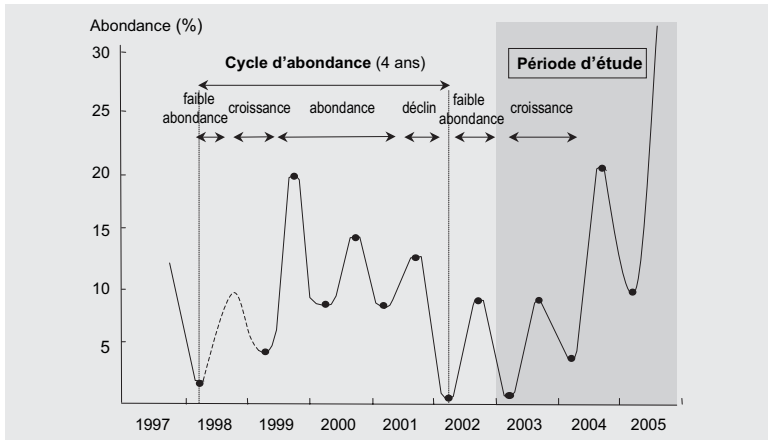


FIGURE 4 : Variations d'abondance (en % d'intervalles positifs) de la population de campagnols sur le site de Vittel de 1997 à 2005.

FIGURE 4 : Variations on the abundance (% of positive intervals) of the vole population on the Vittel site from 1997 to 2005.

Vittel, du printemps 2003 à l'automne 2005 par un échantillonnage indiciaire réalisé le long de la plus longue diagonale de chaque parcelle et d'une ou deux de ses bordures (transects en L ou en Z). L'échantillonnage consiste à noter l'absence ou la présence d'indices de présence (fèces) dans chaque intervalle de 10 pas. L'indice d'abondance est égal au rapport du nombre d'intervalles positifs au nombre d'intervalles échantillonnés multiplié par 100.

Seuls les échantillonnages effectués sur le site de Vittel ont été retenus dans l'analyse de la relation campagnol - prairies.

■ Méthodes d'analyse de la relation campagnol - prairies

Les abondances moyennes des différentes typologies prairiales ont été comparées en utilisant la procédure GENMOD de SAS (SAS, 1999) selon la méthode de LIANG et ZEGER (1986). Cette analyse statistique tient compte à la fois de la corrélation qui peut exister entre les différentes estimations d'abondance d'une même parcelle et du fait que l'indice d'abondance est estimé comme une proportion et présente donc une variabilité binomiale.

L'analyse globale (toutes saisons) n'est pas possible à cause de la **variabilité des comptages d'automne** qui excède largement la variabilité binomiale communément acceptée dans la littérature : coefficient de surdispersion supérieur à 5 (LEBRETON *et al.*, 1992). En revanche, **l'analyse restreinte aux comptages de printemps est compatible avec l'hypothèse d'une variabilité binomiale** (coefficient de surdispersion de 2,16). Parce que l'analyse des comptages de printemps s'appuie seulement sur 3 années d'échantillonnage pour 4 milieux, seul un modèle avec peu de paramètres, *i.e.* un modèle additif avec année et milieux, a été utilisé.

Cette analyse statistique reste partielle car elle ne prend en compte que les comptages de printemps du fait de la variabilité importante des valeurs observées en automne. Cette variabilité automnale est d'autant plus importante que les niveaux de populations sont élevés. Les taux de dispersion individuelle deviennent alors trop

élevés et biaisent les résultats à cette saison en raison d'effets de proximité potentiellement importants. Par exemple, en automne 2004 et 2005, les densités de population ont atteint en prairie temporaire des valeurs comprises entre 200 et 400 campagnols par hectare, ce qui s'accompagne habituellement d'une dispersion importante.

2. Résultats

■ Evolution générale des populations à l'échelle du paysage

Au cours de la période d'observation, sur le site de Vittel, les populations de *M. arvalis* traversent successivement une phase de faible densité (printemps 2003 à printemps 2004) et une phase de croissance (printemps 2004 à automne 2005). A cette dernière époque, les niveaux d'abondance devenus très élevés confèrent, à la phase d'abondance qui débute, un caractère de pullulation (figure 4).

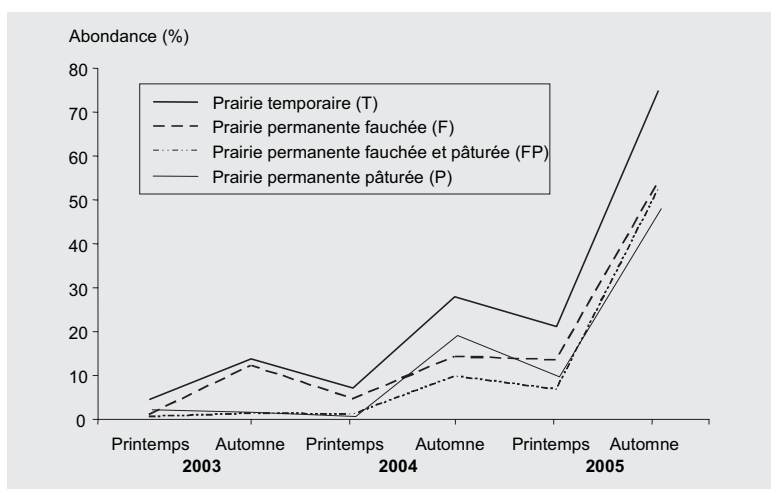
■ Dynamique des populations selon le type de prairie

A Vittel, dans les quatre grands types prairiaux retenus (prairies permanentes uniquement pâturées (PP) ; prairies permanentes fauchées puis pâturées (FP) ; prairies permanentes uniquement fauchées (F) ; prairies temporaires (T)), les cinétiques de population présentent globalement les mêmes tendances mais **les niveaux d'abondance sont toujours plus élevés en prairies temporaires que dans les 3 types de prairies permanentes** (figure 5).

Les résultats sur la comparaison, deux à deux, des abondances moyennes des types prairiaux (test de Wald) sont regroupés dans le tableau 2. En ce qui concerne la comparaison des prairies permanentes entre elles, nous n'observons de **différence significative** entre les abondances moyennes qu'**entre les prairies**

FIGURE 5 : Variations d'abondance (en % d'intervalles positifs) de la population de campagnols suivant les saisons et le type de prairie sur le site de Vittel.

FIGURE 5 : Variations in the abundance (% of positive intervals) of the vole population according to the season and the type of pasture on the Vittel site.



	Types prairiaux comparés	χ^2 (d.d.l. = 1)	p
Prairies permanentes	FP / P	1,11	0,2929
	FP / F	7,00	0,0081
	F / P	2,04	0,1534
Prairies temporaires vs. permanentes	T / P	8,71	0,0032
	T / F	2,88	0,0899
	T / FP	17,56	< 0,0001

permanentes fauchées (F) et les prairies permanentes fauchées pâturées (FP).

En ce qui concerne la comparaison entre les prairies temporaires et les prairies permanentes, au contraire, seule la différence avec les prairies permanentes fauchées (F) est relativement peu marquée ($p = 0,09$), les deux autres tests étant très significatifs. Cette différence est d'ailleurs probablement sous-estimée par l'utilisation des seuls comptages de printemps. Il y a donc une différence entre les abondances moyennes des prairies permanentes et celles des prairies temporaires.

3. Discussion : Conséquences sur les méthodes de détermination des prairies à risque

La variabilité botanique pour une même conduite prairiale ne permet pas une reconnaissance des conduites de couverts par la végétation (tableau 1). Les deux caractéristiques de la prairie, mode de conduite et végétation, sont peu liées. Ce fait conduit à proposer, dans le cas d'une évaluation du risque de prolifération des campagnols, une entrée par **les types de conduite de prairies** (figure 2) plutôt que par la végétation.

Les types de conduite qui expliquent les abondances de campagnols sont facilement identifiables et enquêtables auprès des agriculteurs. Ces pratiques sont suffisamment structurantes de leurs conduites fourragères pour qu'ils en conservent une bonne mémorisation, même si l'enquête se déroule quelques années plus tard. Nous retrouvons ici les grands types d'exploitation prairiale identifiés en Lorraine (BENOÎT, 1992). La télédétection par satellite devient alors un moyen efficace de repérer ces grands types de conduites à l'échelle de paysages. En effet, nous avons montré que les images de SPOT sont efficaces pour distinguer et localiser ces types de prairies (BENOÎT *et al.*, 1988 ; GIRARD *et al.*, 1990). Ainsi, nous disposons d'un outil simple de détermination des risques de prolifération des campagnols. La seule contrainte opérationnelle consiste dans le nombre de jours sans nuages permettant une prise d'information lors du passage du satellite (GIRARD *et al.*, 1988). La distinction des prairies uniquement fauchées et celles qui sont fauchées puis pâturées, dont les abondances ont été significativement différenciées, pourraient ainsi être cartographiées à l'échelle de très grands paysages.

TABLEAU 2 : Comparaison, deux à deux, des abondances moyennes de campagnols pour les différents types de prairies identifiés. Pour chaque comparaison, le tableau donne la valeur de la statistique du χ^2 (test de Wald) et la probabilité de dépassement associée.

TABLE 2 : Binary comparisons of mean vole abundances in the various kinds of pastures identified. For each comparison, the table shows the χ^2 value (Wald's statistical test) and the corresponding probability of the value being exceeded.

Pendant la phase de croissance (dès l'automne 2003 et début 2004), les parcelles de prairies non pâturées (F et T) présentent des densités constamment plus élevées que les deux autres types de prairies (P et FP).

Les différences globales observées entre prairies fauchées (temporaires et permanentes) et les prairies permanentes pâturées s'expliquent en partie par la structure du couvert végétal. Les parcelles de fauche présentant une végétation élevée durant une grande partie de l'année, notamment au printemps et à l'automne, offrent des conditions de quiétude idéale qui assurent aux campagnols un succès de reproduction élevé au printemps. De plus, la prolificité des femelles (nombre d'embryons par portée) au printemps est supérieure dans les prairies temporaires à base de légumineuses (MARTINET, 1967 ; SPITZ, 1974). Un couvert végétal élevé à la fin de l'automne offre également les conditions d'une meilleure survie hivernale (SPITZ, 1977). A l'inverse, dans les prairies pâturées, le tassement du sol et le couvert végétal ras ne fournissent pas les meilleures conditions à l'installation et au développement des populations. Ces milieux ne présentent en conséquence de hauts niveaux de populations qu'à partir de la fin de la phase de croissance ou seulement localement soit en raison de conduites techniques déficientes (abondance de "refus" au cours du printemps et de l'été ; pâturage automnal insuffisant...), soit du fait de la proximité de prairies non pâturées représentant des sources importantes d'individus disperseurs.

■ En conclusion : Recommandations dans la conduite du système fourrager

Les prairies temporaires exploitées en fauche printanière apportent aux campagnols un couvert protecteur quasi constant vis-à-vis des prédateurs. Or un consensus actuel s'établit pour admettre que **la prédation est le facteur explicatif majeur des évolutions de populations** de la plupart des espèces de campagnols (LIDICKER, 2000 ; KORPIMÄKI *et al.*, 2004 ; VALKAMA *et al.*, 2005). Celle-ci s'exerce différemment selon la nature du milieu herbacé (hauteur et densité de l'herbe) et donc de l'accessibilité des proies. Pour un rapace comme le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), une végétation haute représente un obstacle tel qu'il ne chasse dans les prairies de fauche et les luzernières que pendant la courte période qui suit chaque fauche (CAVÉ, 1968 ; SHRUBB, 1980). Les déplacements et les actions de chasse des carnivores sont également fortement influencés par le couvert végétal. Ainsi, dans un paysage comprenant 50% de la surface toujours en herbe, le renard (*Vulpes vulpes*) exploite plus les prairies pâturées que les prairies de fauche (PHILLIPS *et al.*, 2003). Dans un paysage hétérogène composé de prairies et de landes, le renard exploite davantage les zones prairiales que les zones embroussaillées en dépit de la pauvreté relative en proies des prairies (FEDRIANI *et al.*, 1999). **L'accessibilité des parcelles aux prédateurs** est donc le critère à prendre en compte prioritairement.

L'implantation de prairies temporaires dans les secteurs à risque (STH > 50%) devrait en conséquence être réfléchi en tenant

compte de la structuration paysagère qui module fortement les amplitudes des cinétiques (DELATTRE *et al.*, 1996). En règle générale, **les prairies temporaires ne devraient pas être implantées dans les zones de plateaux dégarnis de réseaux de haies** qui assurent les déplacements et la reproduction de la faune prédatrice (carnivores et rapaces). Elles devraient être placées préférentiellement en lisière des zones boisées (haies, bosquets, forêts) et offrir un maximum de contact avec leurs lisières (parcelles de formes rectangulaires allongées parallèlement aux lisières plutôt que perpendiculairement).

Les prairies permanentes uniquement fauchées présentent des risques de dégâts presque équivalents à ceux des prairies temporaires également fauchées, même si leurs végétations sont très différentes. **Le niveau d'abondance des populations de campagnol est plus piloté par le type de conduite** (fauche *vs.* pâture) **et la durée de présence d'une herbe haute** (nombre de coupes) que par la composition floristique. Les préconisations pour ce type de prairie sont donc identiques ; on s'inspirera cependant pour ce type de prairies des préconisations applicables globalement à l'ensemble des prairies permanentes pâturées. Concernant ces dernières, le risque est généralement modéré, mais fortement influencé par la proximité des 2 autres types de prairie et leur proportion dans la SAU.

En cas de risque avéré, sur l'ensemble des types prairiaux, **les interventions** consisteront :

- **à l'échelle parcellaire** : i) à abaisser le couvert végétal le plus possible en fin d'automne et par tous moyens (pâturage tardif, gyrobroyage), y compris dans les parcelles de fauche ; ii) à éliminer les "refus" à toutes saisons ; iii) à retourner les parcelles et ressemer en cas de dégradation importante (taux de mauvaises herbes élevé, réseaux de galeries de rongeurs ou de taupes importants, présence de broussailles...) ; iv) à surpâturer légèrement les parcelles pendant les phases de croissance et d'abondance des campagnols ;

- **à l'échelle du paysage** : i) à maintenir ou créer des réseaux de haies et de bosquets favorisant la faune prédatrice (carnivores et rapaces) ; ii) à assurer la quiétude et la protection de cette faune (BEKOFF, 2001).

Dans les régions à forte proportion de prairies dans le territoire, seule **une lutte chimique ciblée et très précoce alliée à une rotation rapide de la prairie** (durée maximale de 3 ans de préférence et alternance avec une culture à labour profond) permettront de retarder la phase d'abondance et de limiter les dégâts.

Intervention présentée au Journées de l'A.F.P.F.,
"Productions fourragères et adaptations à la sécheresse",
les 27-28 mars 2007.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARRANZ J.M., FIDELLE F., HAZARD L. (2004) : "Méthode rapide pour appréhender la diversité botanique à l'échelle de l'exploitation agricole", *Biodiversité des prairies, Actes des Journées AFPP*, Paris, 182-183.
- BEKOFF M. (2001) : "Human-carnivore interactions : adopting proactive strategies for complex problems", *Carnivore conservation*, eds J. L. Gittleman, Funk, Macdonald and Wayne, Cambridge University Press, 179-195.
- BENOÎT M. (1992) : "Un indicateur des risques de pollution azotée nommé "BAS-CULE" (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTure de l'Exploitation)", *Fourrages*, 129, 95-110.
- BENOÎT M., GIRARD C.M., DE VAUBERNIER E. (1988) : "Comparaison du comportement spectral de prairies permanentes en Lorraine avec leur type d'utilisation (reflectance)", *Agronomie*, 8 (3), 265-272.
- CAVÉ A. (1968) : "The breeding of the kestrel, *Falco tinnunculus* L., in the reclaimed area Oostelijk flevoland", *Netherlands J. of Zoology*, 18 (3), 313-407.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., DAMANGE J.P., QUÉRÉ J.P. (1990) : "Technique légère d'évaluation de l'abondance des populations du campagnol des champs (*Microtus arvalis*)", *La Défense des Végétaux*, 264, 33-35.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., BAUDRY J., MUSARD P., TOUSSAINT M., TRUCHETET D., STAHL P., POULE M.L., ARTOIS M., DAMANGE J.P., QUÉRÉ J.P. (1992) : "Land use patterns and types of common vole (*Microtus arvalis*) population kinetics", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 39, 153-169.
- DELATTRE P., GIRAUDOUX P., BAUDRY J., QUÉRÉ J.P., FICHET E. (1996) : "Effect of landscape structure on common vole (*Microtus arvalis*) distribution and abundance at several space scales", *Landscape Ecology*, 11, 279-288.
- DELATTRE P., DE SOUSA B., FICHET-CALVET E., QUÉRÉ J.P., GIRAUDOUX P. (1999) : "Vole outbreaks in a landscape context : evidence from a six year study of *Microtus arvalis*", *Landscape Ecology*, 14, 401-412.
- FEDRIANI J.M., PALOMARES F., DELIBES M. (1999) : "Niche relations among three sympatric Mediterranean carnivores", *Œcologia*, 121 (1), 138-148.
- GIRARD C.M., BENOÎT M., DE VAUBERNIER E. (1988) : "Etude multi-temporelle de différents modes d'exploitation des prairies permanentes en Lorraine (France), à l'aide de Spot-1", *Photo-Interprétation*, 3, 23-32.
- GIRARD C.M., BENOÎT M., DE VAUBERNIER E., CURRAN P.J. (1990) : "SPOT HRV data to discriminate grassland quality", *Int. J. of Remote Sensing*, 11 (12), 2253-2267.
- GIRAUDOUX P., DELATTRE P., QUÉRÉ J.P., DAMANGE J.P. (1994) : "Structure and kinetics of rodent populations, in a region under agricultural land abandonment", *Acta Œcologica*, 15 (4), 385-400.
- KORPIMÄKI E., BROWN P.R., JACOB J., PECH R.P. (2004) : "The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved ? ", *Bioscience*, 54 (12), 1071-1079.
- LAUENSTEIN G. (1986) : "Zur Problematik der Bekämpfung von Feldmäusen (*Microtus arvalis* (Pall.) auf Grünland Z.", *Angew. Zool.*, 66 (1), 35-59.
- LEBRETON J.D., BURNHAM K.P., CLOBERT J., ANDERSON D.R. (1992) : "Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals : a unified approach with case studies", *Ecol. Monogr.*, 62, 67-118.
- LIANG K.S., ZEGER S.L. (1986) : "Longitudinal data using generalized linear models", *Biometrika*, 73, 13-22.
- LIDICKER W.Z. (2000) : "A food web/landscape interaction model for microtine rodent density cycles", *Oikos*, 91 (3), 435-445.
- MARTINET L. (1967) : "Cycle saisonnier de reproduction du campagnol des champs *Microtus arvalis*", *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 7 (3), 245-259.
- PHILLIPS M., CLARK W., SOVADA M., HORN D., KOFORD R., GREENWOOD R. (2003) : "Predator selection of prairie landscape features and its relation to duck nest success", *J. Wildlife Management*, 67 (1), 104-114.

- QUÉRÉ J.P., RAOUL F., GIRAUDOUX P., DELATTRE P. (2000) : "An index method of estimating relative population densities of the Common vole (*Microtus arvalis*) at landscape scale", *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 55, 25-32.
- RAOUL F., DEFAUT R., MICHELAT D., MONTADERT M., PEPIN D., QUÉRÉ J.P., TISSOT B., DELATTRE P., GIRAUDOUX P. (2001) : "Landscape effects on the populations dynamics of small mammal communities : a preliminary analysis of prey-resource variations", *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 56, 339-352.
- SAS Institute Inc. (1999) : *SAS/STAT® User's guide, version 8*, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SHENBROT G., KRASNOV B. (2005) : *An atlas of the geographic distribution of the Arvicoline Rodents of the world (Rodentia, Muridae : Arvicolinae)*, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 336 p.
- SHRUBB M. (1980) : "Farming influences on the food and hunting of kestrels", *Bird Study*, 27, 109-115.
- SPITZ F. (1968) : "Interactions entre la végétation épigée d'une luzernière et des populations enclouées ou non de *Microtus arvalis* Pallas", *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 22, 272-306.
- SPITZ F. (1974) : "Démographie du Campagnol des champs, *Microtus arvalis* en Vendée", *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 6, 259-312.
- SPITZ F. (1977) : "Le campagnol des champs (*Microtus arvalis*, Pallas) en Europe", *Bull. OEPP*, 7 (2), 165-175.
- SPITZ F. (1989) : "Ravageurs généraux communs aux plantes fourragères: 1 - Les rongeurs nuisibles", in *Ennemis et maladies des prairies*, Raynal G., Gondran, J., Bournoville R., Courtillot M., éd. INRA, Paris, 147-149.
- TRUSKOWSKI J. (1982) : "The impact of common vole on the vegetation of agroecosystems", *Acta Theriol.*, 27 (3), 305-345.
- VALKAMA J., KORPIMÄKI E., ARROYO B., BEJA P., BRETAGNOLLE V., BRO E., KENWARD R., MANOSA S., REDPATH S.M., THIRGOOD S., VINUELA J. (2005) : "Birds of prey as limiting factors of gamebird populations in Europe: a review", *Biological Reviews*, 80 (2), 171-203.

SUMMARY

Evaluation of the risk of abundance of field voles (*Microtus arvalis*) according to the kind of pasture

The populations of field voles (*Microtus arvalis*) are greatly fluctuating. At the field scale, they vary a lot from one plot to another. We compared in this study various types of pastures : permanent pastures, grazed, mown and grazed, or only mown, and leys with legumes, mainly with lucerne (*Medicago sativa*). The meadows (i.e. the pastures, permanent or not, that are only mown) have the highest densities of voles, due to the nature of the sward (height and density, presence of legumes) and to the kind of management. The habitat is more favourable to the voles there : greater quietness and prolificity, better protection against the predators. To maintain the vole population densities at a level not harmful to the production of forage, some measures are described. They regard the management of the land (upkeep of the fields, duration of the rotations), land-use planning (form and distribution of the fields, creation of hedges, connection with wooded areas), and the protection of the predators.