Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie

COMMISSION

DES RECHERCHES EN MATIERE DE CONSTRUCTION DES ROUTES

MANDATS DE RECHERCHES NOS 7/79 & 29/80

PETITS MAMMIFERES ET AUTOROUTES

(KLEINE SÄUGETIERE AN AUTOBAHNEN)

RAPPORT FINAL

1ère partie : Résultats des enquêtes, recensements et études

Service de Zoologie des Vertébrés
Station fédérale de recherches agronomiques de Changins
CH - 1260 Nyon

Jean-Denis BOURQUIN

André MEYLAN

Avril 1986

Table des matières (i) Page

1. INTRODUCTION GENERALE 1

1.1 Historique du problème 1

1.2 Etat initial des connaissances et déroulement des travaux 2

2. INVENTAIRE DES PEUPLEMENTS DE PETITS MAMMIFERES 6

2.1 Introduction 6

2.2 Méthodes 7

2.3 Résultats et conclusions 10

3. INVENTAIRE DES DEGATS 15

3.1 Introduction 15

3.2 Méthodes 15
3.2.1 Les enquêtes 16
3.2.2 L'examen des plantations et les tests de préférences 17

3.3 Résultats I: Les enquêtes 20
3.3.1 Les dégâts aux installations techniques 20
3.3.2 Les dégâts aux plantations 20
3.3.3 Les dégâts à la strate herbacée 23
3.3.4 Les moyens de lutte utilisés 24

3.4 Résultats II: Observations et tests 26
3.4.1 L'observation des plantations 26
3.4.2 Les tests de préférences 30

3.5 Conclusions 31

4. ETUDE DE TROIS POPULATIONS DE CAMPAGNOLS DES CHAMPS 34

4.1 Introduction 34

4.2 Zone d'étude 34

4.3 Méthodes 36
4.3.1 Marquages radio-actifs 36
4.3.2 Piégeages 37
4.3.3 Evaluation des résultats 39

Table des matières (ii) Page

4.4 Résultats I: Occupation spatiale 41
4.4.1 Les Campagnols du terre-plein central 41
4.4.2 Les Campagnols du talus nord 48
4.4.3 Déplacements transversaux 52

4.5 Résultats II: Dynamique de population 54
4.5.1 Effectifs 54
4.5.2 Taux de variation 56
4.5.3 Taux de survie 60
4.5.4 Structure de population et reproduction 64

4.6 Conclusions 69

5. MORTALITE DES RAPACES LE LONG D'UNE AUTOROUTE 74

5.1 Introduction 74

5.2 Matériel et zone d'étude 75

5.3 Résultats et conclusions 76

6. CONCLUSION GENERALE 81

6.1 Synthèse des résultats 81
6.1.1 Petits mammifères et dégâts 81
6.1.2 Le Campagnol des champs 84
6.1.3 Les Rapaces tués par le trafic 85

6.2 Méthodes de prévention et de lutte 86

7. ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN 91

7.1 Zusammensetzung der Resultate 91
7.1.1 Die Kleinsäuger und ihre Schäden 91
7.1.2 Die Feldmaus-Untersuchungen 94
7.1.3 Die Raubvögel-Untersuchung 96

7.2 Vorbeugungs- und Bekämpfungsmassnahmen 97

8. BIBLIOGRAPHIE ET RAPPORTS 102

8.1 Références bibliographiques 102

8.2 Rapports cités 108

9. ANNEXES 109

REMERCIEMENTS

Nous tenons ici à remercier tout spécialement les responsables et le personnel des Centres d'entretien des routes nationales pour leur aimable collaboration lors des enquêtes et du travail de terrain. Nos remerciements vont également à la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins à Nyon, qui a mis son infrastructure à notre disposition, et à plusieurs de ses collaborateurs, pour leur assistance scientifique, technique ou administrative. Enfin, notre reconnaissance va à l'Institut de Zoologie et d'Ecologie animale de l'Université de Lausanne, qui nous a autorisé à utiliser le matériel informatique pour l'élaboration du présent rapport.

1. INTRODUCTION GENERALE

1.1 Historique du problème

Au printemps 1978, la Commission 10, "Exploitation et entretien", de l'Union des professionnels suisses de la route (VSS) s'est préoccupée des dégâts occasionnés par les petits mammifères ("souris") qui s'attaquent aux plantations des bords d'autoroutes, rongeant racines ou base des troncs des jeunes arbres et arbustes, ou qui, par leur activité fouisseuse et la destruction de la strate herbacée, bouleversent le sol au point d'accroître les risques d'érosion des talus. Le rapporteur de la Commission, Monsieur F. Vogel, architecte-paysagiste, Berne, prenait contact avec Monsieur A.Meylan, Dr., chef du Service de Zoologie des Vertébrés de la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Nyon (SZV/RAC) (1), cet organisme étant en effet spécialisé depuis près de 20 ans dans la recherche fondamentale et appliquée sur les petits mammifères et les oiseaux ravageurs des cultures.

Sur demande de la Commission, A. Meylan établit un projet de recherche en deux étapes. La première, d'une durée d'un an, devait permettre de clarifier le problème; la seconde, portant sur deux années supplémentaires, devenait nécessaire pour approfondir certains aspects sans lesquels des méthodes de de prévention et de lutte ne pouvaient être proposées (2). En janvier 1979, la Commission 10 accepta la première phase du projet (no VSS 7/79) et les crédits relatifs. Par cela, mandat fut donné au Service de Zoologie des Vertébrés de la RAC d'entreprendre les recherches en engageant un assistant scientifique. Celui-ci entamma les travaux le 15 juin 1979.

---

(1) Le chiffre entre () renvoie aux rapports internes des mandats VSS 7/79 et 29/80, cités à la fin de ce travail.

1.2 Etat initial des connaissances et déroulement des travaux

Outre les Cervidés (par ex. le Chevreuil), plusieures espèces de mammifères de moyenne et petite taille sont connues pour causer des dommages aux essences ligneuses. Le Lièvre et les Rongeurs tels que le Castor, le Loir ou l'Ecureuil (BACHMANN, 1971) occasionnent des dégâts dont l'image est assez caractéristique pour permettre une identification correcte de l'espèce impliquée. En revanche, les petits Rongeurs de la famille des Campagnols (genres *Clethrionomys*, *Microtus*, *Pitymys* et *Arvicola*) rongent les arbres et les arbustes de manière assez similaire, et c'est plutôt l'emplacement de l'attaque (racines, collet, tronc, branches) qui diffère (voir MEYLAN, 1963). Dans certaines circonstances, par exemple lorsque les dégâts se produisent sous la neige, l'identification du ravageur devient parfois malaisée.

Le bouleversement du sol est bien évidemment l'oeuvre de petits mammifères fouisseurs. Parmi les Rongeurs, il s'agira surtout du Campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman*, localement peut-être des Campagnols souterrains, genre *Pitymys*; chez les Insectivores, seules les Taupes, genre *Talpa*, peuvent être impliquées.

La composition faunistique des peuplements de petits mammifères colonisant le bord des routes était fort mal connue. La plupart des informations, provenant de travaux effectués en Grande-Bretagne ou aux USA en rapport avec la pollution par le plomb (JEFFERIES & FRENCH, 1972; WILLIAMSON & EVANS, 1972), étaient de peu d'utilité, vu les différences zoogéographiques avec l'Europe centrale. En Suisse, nous ne connaissions que les observations de MEYLAN (1963) ou de MÄRKI (1977) en relation avec l'analyse de la mortalité des Rapaces; ces auteurs notent la présence du Campagnol des champs, *Microtus arvalis*.

Dans une synthèse sur les problèmes liés aux ravages des petits mammifères dans le monde, MYLLYMÄKI (1979) considère que la recherche d'une solution passe par les étapes suivantes:

a) Détermination exacte de l'espèce ravageuse;

b) Evaluation des dommages que cette espèce peut occasionner lorsqu'elle n'est pas contrôlée;

c) Connaissance approfondie de cette espèce, en particulier en ce qui concerne les niveaux de densité atteints et les niveaux de densité potentiels;

d) Evaluation des limites et des dangers des méthodes de contrôle.

En conséquence, les travaux réalisés au cours de la première année, en accord avec le projet présenté par le SZV en 1978, ont porté sur les points a) et b) ci-dessus, soit

- un inventaire faunistique des petits mammifères vivant le long des autoroutes;

- un inventaire des dégâts occasionnés par ces animaux sur différents tronçons autoroutiers.

Des informations complémentaires sur ces deux aspects ont cependant encore été recueillies au cours des années suivantes.

Moins d'une année après le début de l'inventaire faunistique, une espèce pouvait être considérée comme le ravageur le plus important; il s'agit du Campagnol des champs, *M.arvalis* (3, 4). En raison des dommages importants qu'il cause dans les grandes cultures, cet animal a fait l'objet de nombreux travaux, en particulier ceux de FRANK (1954), VAN WIJNGAARDEN (1955), STEIN (1958), KRATOCHVIL & al. (1959), MARTINET (1967), SPITZ (1974, 1977) ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA et al. (1981). En Suisse, les populations du Campagnol des champs n'ont jamais fait l'objet d'une étude suivie, peut-être parce que les dégâts occasionnés par cette espèce n'ont pas eu

l'ampleur catastrophique observée à l'étranger (MEYLAN, 1963). Compte tenu de la particularité des milieux bordant les autoroutes (milieux linéaires, pratiques d'entretien), une transposition des moyens de lutte connus n'apparaissait pas évidente; ceux-ci ne pouvaient être recommandés qu'à titre provisoire. Une prolongation du mandat de 2 ans, en vue d'étudier ce problème, a été demandée en février 1980 et accordée en octobre de la même année (projet VSS 29/80). Le crédit octroyé a permis, suite à des économies sur le poste "déplacements", de prolonger ces recherches jusqu'en octobre 1983.

Théoriquement, la prolongation du mandat, pour une seule personne, ne permettait pas d'apporter une solution définitive à la fois aux deux problèmes exposés ci-dessus en c) et d): ceci aurait nécessité un travail de groupe sur plusieurs années. Il nous fallait donc faire un choix.

En se limitant à des essais de destruction (point d) selon des méthodes choisies, non exhaustives, où la répétition était impossible par manque de main-d'oeuvre, les conclusions obtenues ne pouvaient être généralisées. De nombreuses publications à ce sujet montrent d'ailleurs à quel point les résultats peuvent être peu concluants, voire contradictoires. Dans ce domaine, nous n'avons dès lors que collaboré avec le SZV dans le recensement des produits rodenticides et répulsifs disponibles en Suisse. L'analyse de la mortalité des oiseaux de proie sur une autoroute de Romandie s'inscrit également dans cette option, dans la mesure où elle devait permettre de juger l'opportunité d'accentuer la pression de prédation sur les Rongeurs par la pose de perchoirs.

Aussi, l'accent a été mis sur le point c), qui garantissait des résultats avec une main-d'oeuvre réduite et permettait de conclure à certains phénomènes de base, plus représentatifs d'une situation générale, et aboutissant à un choix différencié de méthodes de contrôle.

L'étude de l'espèce ravageuse potentiellement la plus importante, soit le Campagnol des champs, a été menée sur deux plans:

- l'occupation spatiale des individus en rapport avec le type de milieu et les pratiques culturales, ainsi que les déplacements spontanés;

- la dynamique de population, soit l'évolution du nombre des animaux au cours des saisons (densités minimales, maximales, rapidité d'accroissement) et les paramètres présidant à ces fluctuations;

Examinés conjointement, ces deux éléments permettent de comprendre certains mécanismes de colonisation et de hautes densités du ravageur observés le long des autoroutes.

Ce rapport scientifique présente les études réalisées (inventaires faunistiques, inventaires des dégâts, étude du Campagnol des champs, validité des Rapaces comme moyen de lutte "biologique") et les conclusions (moyens de contrôle: concepts, stratégies). Un rapport technique sera publié ultérieurement; il consistera en un guide pratique permettant aux Services d'entretien de reconnaître les petits mammifères susceptibles de provoquer des dommages dans l'emprise de l'autoroute, les caractéristiques de leurs dégâts, et les principaux moyens de lutte que l'on peut appliquer valablement le long des axes routiers.

2. INVENTAIRE DES PEUPLEMENTS DE PETITS MAMMIFERES

2.1 Introduction

L'inventaire faunistique des petits mammifères qui colonisent l'emprise des autoroutes et ses abords immédiats avait pour but premier de recenser les espèces de Rongeurs susceptibles d'endommager les jeunes arbres et arbustes ou de détériorer la strate herbacée, tant par la consommation des plants que par leur activité fouisseuse, dans une mesure telle que la fonction "anti-érosion" de cette strate pouvait être compromise, en particulier sur les talus.

Comme nous l'avons relevé plus haut, les recensements de petits mammifères vivant au bord des routes sont très limités et ont été effectués dans des régions zoogéographiques différentes de l'Europe centrale. En France, de premières études en ce domaine ont débuté presqu'en même temps que ce travail, et les conclusions ne nous sont parvenues que récemment (ATELIER ETUDE & RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT & L'AMENAGEMENT, 1982). En Suisse, seuls quelques inventaires régionaux, non liés aux routes, avaient été réalisés.

Au fur et à mesure de l'avance de cet inventaire, des résultats partiels ont été mentionnés dans les rapports internes (3, 4, 5). Une première synthèse a fait l'objet d'une note (BOURQUIN, 1981). Les résultats définitifs ont été publiés dans une revue spécialisée (BOURQUIN & MEYLAN, 1982). Les principaux éléments de cette étude, présentés ci-dessous, sont tirés de cet article.

2.2 Méthodes

Les petits mammifères dont une grande partie de l'activité se déroule à la surface du sol ont été échantillonnés à l'aide de trappes-cages, disposées tous les 2 m le long d'une ligne de 50 m. L'ensemble de ces "lignes-échantillons" placées sur

A) PIEGEAGES AVEC LIGNES DE 25 TRAPPES-CAGES

Tronçon	Date	N lignes	Effort de capture
N1 Nyon-Morges	24-27.09.79	4	250
N1 Lausanne-Oulens	01-04.11.79	8	450
N1 Bern (Neufeld) a)	06-08.08.79	1	50
b)	13-16.11.79	2	125
N1 Gurbrü-Mühleberg	13-16.11.79	6	375
N1 Härkingen-Rothrist	21-24.08.79	6	375
N1 Hagenbuch-Wängi	27-31.08.79	4	250
N1/N7 Attikon-BW Nr.13	27-31.08.79	3	250
N2 Reiden-Sursee	19-23.11.79	11	625
N5 Serrières-Areuse	01-04.08.79	2	306
N6 Kiesen-Lattigen	06-10.08.79	2	150
N9 Chauderon-Chexbres	18-21.09.79	2	150
N9 Rennaz-Aigle	18-21.09.79	2	150
N1 Coppet-Gland	05-09.05.80	7	475
N1 Lausanne-Oulens	02-05.09.80	7	450
N1 Bern (Neufeld)	01-03.10.80	6	425
N1 Bern-Kriegstetten	26-30.04.80	12	825
N3 Wollerau-Pfäffikon	09-13.06.80	4	250
N12 Vaulruz-Bulle	01-03.04.81	4	375

B) PIEGEAGES PAR PINCES

Tronçon	Date	N pinces	Effort de capture
N1 Bipperamt	22-24.08.79	31	62
N6 Kiesen-Lattigen	06-10.08.79	45	60
N1 Coppet-Morges	16-19.12.80	105	271
N3 Wollerau-Pfäffikon	09-13.06.80	15	30
N1 Coppet-Morges	02-05.03.81	38	54
N12 Vaulruz-Bulle	01-03.04.81	97	190

Tableau 1: Tronçons autoroutiers où ont été réalisés des piégeages faunistiques. L'effort de capture est donné en nombre de nuits-pièges.

un tronçon d'autoroute déterminé définit une localité de piégeage. Les piégeages ont été réalisés intensivement dans la deuxième moitié de 1979, durant laquelle 53 lignes ont été installées sur 12 segments d'autoroutes du Plateau suisse (Tab.1 A), ce qui représente un effort de capture de 3506 nuits-pièges (il s'agit d'un indice standart obtenu en multipliant le nombre de pièges par le nombre de nuits durant lesquelles ils ont été exposés). A quelques exceptions près, les sites retenus représentent assez bien le développement du réseau autoroutier de l'époque. Le Tessin n'a pas été échantillonné d'une part, parce qu'aucun dégât n'y avait été signalé, d'autre part, parce que sa faune appartient à une zone zoogéographique différente de celle du Plateau suisse. En été 1980 et au printemps 1981, les piégeages ont été plus occasionels. Au total, 40 lignes-échantillons ont été placées sur 6 segments d'autoroutes (Tab.1 A); certains de ceux-ci avaient déjà été contrôlés en 1979. Ces piégeages totalisent un effort de capture de 2800 nuits-pièges.

Les petits mammifères fouisseurs ont été échantillonnés à l'aide de trappes-pinces introduites directement dans l'axe de leurs galeries souterraines. Pour ce faire, il faut bien évidemment repérer les zones occupées par ces animaux, et qui se signalent très souvent par la présence de terre évacuée à la surface du sol: les taupinières. En 1979, de telles traces n'ont été observées que très localement; seules 76 pinces ont pu être posées dans deux localités, totalisant un effort de capture de 122 nuits-pièges. En 1980 et 1981, 255 pinces, soit 545 nuits-pièges, ont été placées sur 3 tronçons (Tab.1 B).

Les piégeages ont été conduits dans 4 types de zones vertes contenues dans l'emprise des autoroutes:

- les talus (remblais, déblais);

- le terre-plein central;

- les espaces entre les bretelles de raccordement (jonctions);

- les places de repos.

Tous les petits mammifères capturés ont été tués à l'éther, déterminés et mesurés; leur état sexuel a été contrôlé après dissection. Les crânes ont été préparés en laboratoire pour préciser la détermination, et les carcasses ont été conservées en alcool. En fin d'étude, il est prévu de déposer ce matériel au Musée d'Histoire naturelle de Berne.

2.3 Résultats et conclusions

Les piégeages au moyen de lignes de trappes-cages, réalisés le long des autoroutes du Plateau suisse, révèlent que les peuplements de micromammifères sont composés en majeure partie de Campagnols des champs, *Microtus arvalis*, (63%), puis de Mulots sylvestres, *Apodemus sylvaticus*, (17%) et de Musaraignes musettes, *Crocidura russula*, (19%) (Tab.2).

	1979		1980		1981		1979-81	
Nombre de nuits-pièges: trappes-cages/pinces	3506	122	2425	301	375	244	6306	667
ESPECES CAPTUREES								
Taupe noire *Talpa europaea*		2		2		3		7
Musaraigne couronnée *Sorex coronatus*	4		1				5	
Musaraigne aquatique *Neomys fodiens*			1				1	
Musaraigne musette *Crocidura russula*	68		46		1		115	
Campagnol roussâtre *Clethrionomys glareolus*			1	1			1	1
Campagnol des champs *Microtus arvalis*	229		101	4	1		331	4
Campagnol terrestre *Arvicola t. scherman*		2		13		16		31
Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*	62		43				105	
Mulot à collier *Apodemus flavicollis*	1						1	
Mulots indéterminés *Apodemus* sp.	2						2	
Souris domestique *Mus musculus*			1				1	
TOTAL	336	4	194	20	2	19	562	43

Tableau 2: Résultats des piégeages faunistiques de 1979 à 1981: Les nombres d'animaux capturés par trappes-cages sont séparés de ceux piégés à l'aide de trappes-pinces.

	TALUS		T P C		JONCTIONS		TOTAL	
Nombre de nuits-pièges	1578		350		528		2456	
ESPECES CAPTUREES	N	%	N	%	N	%	N	%
Musaraigne couronnée *Sorex coronatus*	2	1.7	2	3.8	0	0.0	4	1.5
Musaraigne musette *Crocidura russula*	15	12.7	0	0.0	10	11.0	25	9.6
Campagnol des champs *Microtus arvalis*	69	58.5	50	96.2	80	87.9	199	76.3
Mulots *Apodemus flavicollis* *Apodemus sylvaticus* *Apodemus* sp.	32	27.1	0	0.0	1	1.1	33	12.6
Total	118	100.0	52	100.0	91	100.0	261	100.0

Tableau 3: Répartition selon les grands milieux de l'emprise des espèces de petits mammifères capturés à l'aide de trappes-cages (piégeages du Bassin lémanique non compris).

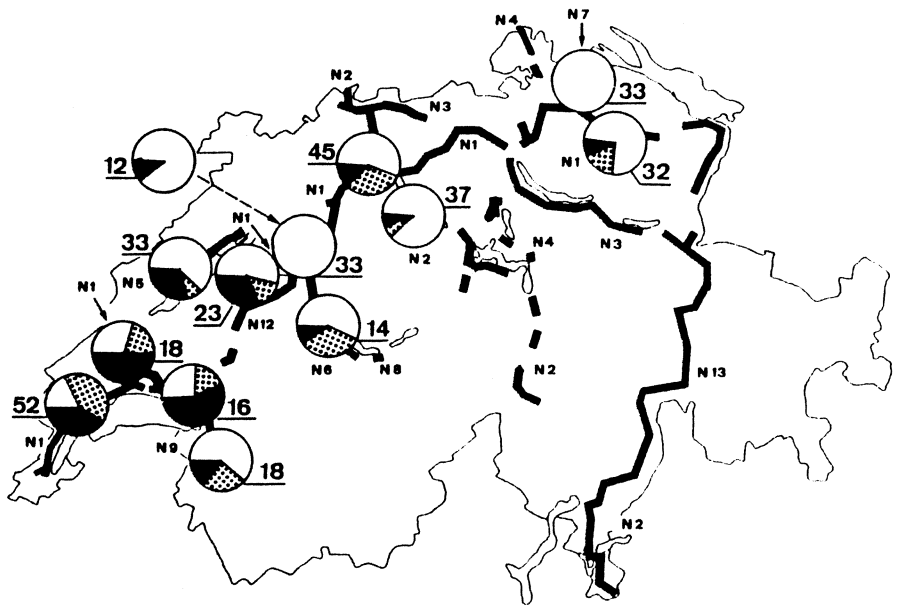


Figure 1: Pourcentage des différentes espèces de petits mammifères capturés à l'aide de trappes-cages sur les tronçons d'autoroutes mentionnés dans le Tab. 1. Le nombre total d'animaux piégés est indiqué à côté de chaque localité.
Secteur blanc : Campagnol des champs;
Secteur pointillé: Mulots;
Secteur noir : Musaraigne musette et Musaraigne couronnée.

En France, SAINT-GIRONS (1965) trouve une composition faunistique similaire, également sur le plan quantitatif, dans les pelotes de réjection de la Chouette effraie, *Tyto alba*, chassant en terrain découvert. Ainsi donc, bien que passablement boisés, les bords d'autoroutes suisses n'ont pas une faune de petits mammifères caractéristique du bocage.

Le fait que le Campagnol des champs soit omniprésent n'a rien d'étonnant: selon STEIN (1958) et d'autres, les biotopes primaires de cette espèce sont les terrains vagues, les friches, les bords de chemins et de caniveaux. Il y a d'ailleurs quelques années, MEYLAN (1966) avait relevé que l'abondance des Buses variables, *Buteo buteo*, le long de la N1 Genève-Lausanne devait s'expliquer par la présence de ce Rongeur sur les talus, et MÄRKI (1977) a observé les traces typiques de ce Campagnol sur les bords de la N1 Bern-Kriegstetten. Mais la plasticité écologique dont fait preuve cet animal lui permet également d'occuper le terre-plein central, où il constitue la presque totalité du peuplement (Tab.3). Les plantations situées en bordure de plusieures autoroutes de Suisse alémanique, ainsi que des régions de Neuchâtel et d'Aigle ont subi des dommages occasionnés par les Rongeurs durant l'hiver 1978-79. Vu que le Campagnol des champs domine dans tous les échantillons récoltés sur ces tronçons en 1979 (Fig.1), et en l'absence de toute autre espèce ravageuse potentielle, nous en déduisons que ce Rongeur est responsable de la majeure partie des cas d'écorçage ou de destruction des racines des jeunes arbres et arbustes. Ce fait est confirmé par les observations faites en hiver 1982-83 sur l'autoroute T6 Lätti-Bundkofen (6). Un tel comportement est d'ailleurs bien connu chez ce Campagnol.

La distribution du Mulot sylvestre dans les piégeages est plutôt irrégulière (Fig.1). Elle s'explique par le fait que cette espèce est assez fortement liée aux milieux à strate arbustive dense (POLLARD & RELTON, 1970). Or, les localités de piégeage n'ont que très rarement pu être choisies de manière à être représentatives de toutes les zones qui jouxtaient un tronçon d'autoroute. La participation de ce Rongeur aux peuplements du terre-plein central est très variable. En Suisse alémanique, on ne l'y capture pas (Tab.3); lors de piégeages

ultérieurs sur la N1 Genève-Lausanne, où les animaux étaient marqués puis relâchés, 4 des 14 Mulots capturés précédemment sur le terre-plein ont été retrouvés sur les talus, alors qu'un seul Campagnol des champs sur les 23 résidents de la berme centrale avait traversé dans le même temps. Le groupe des Mulots n'est pas impliqué dans les dégâts observés au bord des routes; en revanche, ils peuvent occasionner des dommages en sylviculture par leur importante consommation de graines (MEYLAN, 1963; MYLLYMÄKI, 1979).

Contrairement aux deux espèces précédentes, qui sont des Rongeurs, la Musaraigne musette est un Insectivore et ne saurait avoir un lien avec des dégâts d'écorçage. Appartenant à un groupe taxonomique d'origine paléotropicale (VOGEL, 1976) cette espèce est présente dans les régions plus clémentes de Romandie, ce que FATIO (1869) avait déjà observé. Son aire de répartition s'étend à l'est jusqu'à Bâle. Au delà, elle est remplacée par la Musaraigne bicolore, *Crocidura leucodon*, qui n'apparaît toutefois pas dans nos piégeages.

Les petits mammifères fouisseurs, capturés à l'aide de trappes-pinces, sont représentés par deux espèces appartenant à deux ordres différents: la Taupe noire, *Talpa europaea* (Insectivores), et le Campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman* (Rongeurs) (Tab.2). Ces deux espèces sont moins ubiquistes que les précédentes au bord des autoroutes. S'ils trouvent un milieu favorable essentiellement dans les places de repos, où la couche de terre végétale est profonde, ils n'occupent que secondairement les talus, au sol le plus souvent caillouteux. Selon MILNER & BALL (1970), la Taupe évite en tous cas ce genre de terrain. Nos observations tendent à indiquer que Taupe et Campagnol terrestre ne sont présents sur les talus de bords d'autoroutes que lorsque leur densité régionale est élevée. Nous ne les avons jamais rencontrés sur le terre-plein central, la couche de terre y étant beaucoup trop faible et trop compacte. Si la Taupe peut localement créer des difficultés lors de la fauche d'un talus à cause de ses nombreux cônes de déjection de terre, c'est surtout le Campagnol terrestre qui, localement, porte la responsabilité

de la destruction du système radiculaire, voire de l'écorçage, des jeunes plants, ou du bouleversement du sol. Ceci a été observé sans doute possible sur la N12 Vaulruz-Bulle au printemps 1981 (voir chap. suivant).

Outre ces cinq espèces, divers petits mammifères ont été capturés occasionnellement (Tab.2). Leur participation aux peuplements échantillonnés par trappes-cages en 1979 et 1980 reste cependant inférieure à 2%. Il faut toutefois mentionner une observation à caractère local, mais importante, qui a eu lieu en 1982, après la clôture du programme de piégeages faunistiques. Lors de l'examen des dégâts d'écorçage sur la N2 aux alentours de Flüelen UR, le personnel de l'entretien, opérant une coupe à la faux, nous a apporté 3 Campagnols qu'ils avaient tués à cette occasion. Ces animaux ont été identifiés comme des Campagnols agrestes, *Microtus agrestis*, une espèce très semblable au Campagnol des champs sur le plan morphologique et comportemental, et qui est bien connue pour les dégâts étendus qu'elle occasionne en sylviculture, en rongeant le collet des arbres (FRANK, 1952). Ce Rongeur apparaît plus fréquent en Suisse orientale et en Valais central (MEYLAN, 1967) qu'à l'ouest du pays. Son impact le long de la N9 en amont de Martigny ne semble toutefois pas avoir été important jusqu'à ce jour.

En conclusion, l'inventaire faunistique et les observations réalisées révèlent:

- un ravageur ubiquiste sur le Plateau suisse: le Campagnol des champs;

- un ravageur probablement plus localisé aux régions d'altitude moyenne, où prés et pâturages dominent, et dont les densités dans l'emprise de l'autoroute sont très certainement liées aux pullulations cycliques des prairies avoisinantes: le Campagnol terrestre.

- un ravageur occasionnel et dont l'importance reste à préciser en Suisse orientale et dans les régions pré-alpines: le Campagnol agreste.

3. INVENTAIRE DES DEGATS

3.1 Introduction

L'inventaire des dégâts occasionnés par les petits Rongeurs avait pour but d'obtenir une description précise de leur nature et, si possible, une évaluation quantitative de leur importance et de leur coût.

Différents travaux font mention des dégâts d'écorçage, de destruction du système radiculaire ou du bouleversement du sol par les petits mammifères (HEIDENREICH, 1958; HANSSON, 1969; MOREL & MEYLAN, 1970; EIBERLE, 1977).

Des résultats partiels ont été mentionnés dans plusieurs rapports (5, 7, 8, 9, 10) ainsi que dans une note préliminaire (BOURQUIN, 1981). Aucune synthèse n'a toutefois été publiée.

3.2 Méthodes

L'approche de ce problème s'est effectuée par deux méthodes:

- enquêtes auprès des services d'entretien des routes nationales;

- observations directes de plantations endommagées et tests de préférences en laboratoire.

3.2.1 Les enquêtes

A l'amorce du projet VSS 7/79, Monsieur W. Brenneisen, de l'Office fédéral des routes, avait prié les responsables des centres d'entretien des routes nationales de signaler au SZV les dégâts occasionnés par les Rongeurs sur les tronçons d'autoroutes dont ils avaient la charge (Annexe 1). Les réponses qui nous sont parvenues, complétées par des visites sur le terrain, ont révélé l'existence de 3 grands types de dégâts, à savoir des installations techniques rongées, des plants écorcés ou dont le système radiculaire avait été détruit, enfin une destruction de la strate herbacée et un bouleversement du sol conduisant parfois à une érosion.

Au début de 1981, nous avons jugé utile de répéter l'enquête, surtout parce que l'hiver 1980-81 avait été marqué par de fortes chutes de neige susceptibles, en offrant aux Rongeurs une couche protectrice contre le froid et les prédateurs, de favoriser le maintien de densités élevées chez ces animaux (FRANK, 1964; MEYLAN & AIROLDI, 1975), et d'augmenter ainsi les risques de dégâts (HANSSON, 1969). Cette enquête a été menée au début de l'été (5-23.06.81) au moyen d'un petit questionnaire (Annexe 2). A la fin de l'année (15.10-23.12.81), les informations sur les dégâts ont été complétées par une enquête plus approfondie, portant également sur les moyens de lutte utilisés et sur une estimation des coûts (Annexe 3).

Dans l'une comme dans l'autre enquête, la plupart des questions admettent plusieurs réponses simultanément. Ainsi, un centre d'entretien peut mentionner différents types de dégâts ou divers moyens de lutte. Quand elle existe, cette possibilité de réponses multiples est signalée dans les Tableaux 4 à 6, où sont présentés les principaux résultats. Dans de tels cas, les pourcentages indiqués, qui se réfèrent toujours au nombre de centres, ne peuvent être additionnés.

La première enquête est axée strictement sur la situation à la fin de l'hiver 1980-81. La fréquence avec laquelle sont mentionnés les 3 types de dommages peut être assimilée à une fréquence des cas. La seconde enquête ne couvre pas de période définie à priori. La fréquence de mention des types de dégâts

(Question 3) devait être complétée par une indication de "fréquence d'occurrence" (Quest. 5), divisée en 2 catégories, soit les dégâts sporadiques et ceux qui se produisent chaque année. D'une manière générale, la synthèse des réponses est handicapée par le fait que chaque observateur peut juger différemment le concept de "dégât". Lors de la seconde enquête, nous avons tenté de remédier à ce problème en demandant un jugement quantitatif en 3 classes, ainsi qu'une appréciation grossière des coûts (groupe de questions 6). Enfin, les dommages occasionnés aux plantations étant ceux qui peuvent donner le plus de renseignements sur les Rongeurs responsables, notamment parce que plusieurs espèces peuvent être impliquées, nous avons porté une attention particulière à ce genre de dégâts par le groupe de questions 4.

3.2.2 L'examen des plantations et les tests de préférences

L'impact des petits Rongeurs sur les plantations a été examiné en 8 endroits où des dégâts avaient été observés par les responsables de l'entretien (Tab. 7).

A une exception près (site no 2), les plantations n'ont pas été contrôlées en totalité, en raison du temps prohibitif d'une telle entreprise. Cependant, les arbustes sont, à l'origine, disposés en lignes parallèles (rigoles de plantation); leur distribution n'est donc pas aléatoire. De plus, les essences ne sont pas mélangées au hasard, mais regroupées par 3 ou 4 et selon leur taille. Pour ne pas interférer avec ces lignes de plantation, dont la structure peut s'estomper après quelques années (plants éliminés voire remplacés), et obtenir tout de même une image qui tienne compte des différents groupements d'essences et de la grandeur des plants, l'échantillonage a été basé sur 3-4 quadrats de 10m x 10m dans les plantations étendues des jonctions, et sur un rectangle de 50m (ou 2 de 25m) x la largeur totale de la plantation, dans celles des talus. Ces surfaces n'ont évidemment pas été établies au hasard, mais fixées de manière à couvrir le mieux possible les différentes structures.

Au total, plus de 1300 plants ont été déterminés et examinés attentivement depuis la base, soit du collet jusqu'aux branches, au moins les plus basses, pour détecter d'éventuelles traces d'incisives, indicatrices d'une attaque par les Rongeurs (Tab. 8). Les dégâts aux racines ont été contrôlés par légère traction des jeunes plants. L'emplacement de l'attaque et son intensité ont été notés; à l'exception des examens hivernaux (sites no 7 et 8), le développement foliaire a été jugé sur la base de l'aspect général de la plantation, soit normal (+), feuilles réduites, à croissance probablement retardée (+-), et bourgeons non éclos (-).

Lors de la première évaluation des dégâts dans la plantation de Bern-Neufeld au printemps 1980, nous avions déjà constaté que des essences telles que le Troëne, *Ligustrum vulgare* ssp, et la Viorne lantane, *Viburnum lantana*, étaient attaqués et détruits significativement plus souvent que la moyenne des autres espèces (BOURQUIN, 1981). Par la suite, l'examen comparatif d'une plantation située en bordure de forêt à Essertine s/Rolle (VD), où les dégâts portaient indubitablement la marque du Campagnol agreste - d'ailleurs capturé en cet endroit -, a mis en évidence un écorçage particulièrement important sur le Sureau, *Sambucus nigra*, et le Frêne, *Fraxinus excelsior*. On connaît peu de choses sur les préférences des Campagnols pour certaines essences ligneuses. MEYLAN (1977) a montré que le Campagnol terrestre s'en prend plus volontiers, dans les vergers de pommiers, aux variétés Cox-Orange et Golden-Delicious, et EIBERLE (1977) a observé une préférence pour certains clones dans une plantation expérimentale de Peupliers, genre *Populus*.

Dès lors, nous avions pensé établir une liste des essences le plus fréquemment attaquées par les Rongeurs et nous avons entrepris une expérience préliminaire en laboratoire. Il s'agissait de présenter simultanément deux morceaux d'arbustes d'espèces différentes à des Campagnols des champs tenus isolément en cage, et de déterminer, après 3 jours d'exposition, laquelle des deux essences avait été le plus rongée. Pour cette analyse de préférence, nous avons choisi 4 essences parmi les restes d'un élagage au bord de la N1 Genève-Lausanne, et mis à disposition par Monsieur Agier, du

centre d'entretien de Bursins: *Alnus glutinosa*, *Forsythia* sp., *Ligustrum vulgare* et *Salix purpurea*. Les branches de ces arbustes ont été débitées en segments standards de 8 cm de long, lesquels ont été appariés selon leur diamètre dans les 6 combinaisons possibles à partir de 4 éléments pris 2 à 2. Chaque combinaison a été présentée à 10 Campagnols, tous nés en captivité de parents capturés dans la nature, en grande majorité le long de la N1 Genève-Lausanne. Les traces d'écorçage ont été codées selon le procédé utilisé sur le terrain, lors de l'examen des plantations endommagées.

3.3 Résultats I: les enquêtes

3.3.1 Les dégâts aux installations techniques

La mise à mal des installations techniques par les Rongeurs apparaît peut fréquente (Tab. 4): trois mentions après l'hiver 1980-81 et cinq pour une période comprise entre 1975 et 1981. Dans ce dernier cas, deux centres d'entretien signalent des attaques chaque année (Quest. 5), d'importance moyenne (Quest. 6.1) et nécessitant une réparation de l'ordre de 5-10'000 Frs (valeur 1975-1980) (Quest.6.3). Pour les trois autres centres, de tels dégâts ne se sont produits qu'à une seule reprise; ils étaient de faible envergure et le coût de la remise en état était inférieur à 5'000 Frs.

Ce sont apparemment les matériaux d'isolation (gaines de câbles, plaques de Sagex) qui sont touchés. Bien que nous n'ayons jamais observé directement ces déprédations et recherché leurs auteurs, on peut admettre avec une très forte probabilité que les animaux impliqués sont des Rongeurs commensaux, tels la Souris domestique, *Mus musculus*, les Rats, genre *Rattus* - le Rat surmulot, *R. norvegicus* étant le plus fréquent -, ou des Rongeurs occasionnellement "anthropophiles", comme les Mulots, genre *Apodemus*. Ces espèces sont bien connues pour incorporer des matériaux artificiels à leur nid. Cependant, n'importe quel Rongeur isolé qui parvient à pénétrer dans les conduits peut en abîmer les installations. Aussi de tels dommages ont-ils un caractère aléatoire et donc imprévisible.

3.3.2 Les dégâts aux plantations

A la fin de l'hiver 1980-81, plus de la moitié des centres qui ont observé des dégâts de Rongeurs signalent ce type de dommage (Tab. 4). Lors de la seconde enquête, presque tous en

font état (16/18). Ces attaques se produisent toutes les années pour 10 centres, occasionnellement pour les 6 autres. Pour les 3/4 (12 réponses sur 16), les dégâts sont qualifiés de faibles ou moyens. Une remise en état, soit un remplacement des plants, est effectuée lorsque les dégâts sont moyens ou importants, et son coût se situe généralement dans la catégorie 5-10'000 Frs.

Les réponses sont unanimes en ce qui concerne l'emplacement des blessures (Quest. 4), soit les racines, la base du tronc (collet), ou les deux (Tab. 5, A). Il en va de même pour la période à laquelle se produisent les attaques (Quest. 5), soit au cours de l'hiver et au printemps; l'observation la plus précoce a eu lieu en septembre-octobre.

Aucun des milieux plantés n'échappe à l'atteinte des Rongeurs (Quest. 4a). Les fréquences avec lesquelles les différents types de milieux (ou de plantations) sont mentionnés (Tab. 5, B) ne sont toutefois pas déterminantes, puisque l'on ne connaît pas la participation respective de ces types au total de la surface plantée dans le périmètre autoroutier.

Les plantations apparaissent le plus vulnérable au cours des 3 premières années (Quest. 4b; Tab. 5, C). Bien que nous ne puissions pas non plus nous référer aux âges relatifs des différentes plantations du réseau autoroutier, cette situation cadre avec les communications orales des responsables de l'entretien ainsi qu'avec nos observations sur des tronçons relativement anciens: l'attaque porte alors surtout sur des plantations de remplacement. Les autres caractéristiques des dégâts aux plantations et les Rongeurs mis en cause seront discutés au chapitre suivant.

	ENQUETE I	ENQUETE II
Réponses reçues	30	24
Centres mentionnant des dégâts (réponses multiples)	14	18
- aux installations techniques	3 sur 14 soit 21%	5 sur 18 soit 28%
- aux arbres et arbustes	8 " " " 57%	16 " " " 89%
- à la strate herbacée	11 " " " 79%	13 " " " 72%

Tableau 4: Importance relative des 3 types de dégâts occasionnés par les Rongeurs le long des autoroutes, telle qu'elle ressort des enquêtes.

Centres mentionnant des dégâts aux arbres et arbustes : 16						
A) Parties endommagées (réponse unique)						
- Racines seules	3	sur	16	soit		19%
- Tronc seul	4	"	"	"		25%
- Branches seules	0	"	"	"		0%
- Racines / tronc	8	"	"	"		50%
- Tronc / branches	1	"	"	"		6%
B) Emplacement de la plantation (réponses multiples)						
- Talus	12	sur	16	soit		75%
- Talus à stabil. naturelle	4	"	"	"		25%
- Jonctions	9	"	"	"		56%
- Terre-plein central	10	"	"	"		63%
- Haie en bord de route	4	"	"	"		25%
C) Arbres / arbustes plantés depuis (réponses multiples)						
- moins de 1 an	4	sur	16	soit		25%
- 1 à 3 ans	12	"	"	"		75%
- 4 à 5 ans	5	"	"	"		31%
- plus de 5 ans	3	"	"	"		19%

Tableau 5: Caractéristiques générales des dommages occasionnés aux plantations par les Rongeurs, établies d'après la seconde enquête.

Centres mentionnant des dégâts : 18 Centres ayant utilisé des moyens de lutte : 16									
Moyens utilisés (réponses multiples)						**Jugement d'efficacité***			
						--	-+	++	??
- Biologiques	3	sur	16	soit	17%	0	0	1	2
- Appâts rodenticides	12	"	"	"	67%	0	4	7	1
- Gazage	5	"	"	"	28%	1	1	3	0
- Piégeage	1	"	"	"	6%	0	0	1	0

*Jugement d'efficacité:
-- sans effet
-+ peu satisfaisant
++ satisfaisant
?? sans expérience

Tableau 6: Procédés utilisés par les centres d'entretien pour lutter contre les Rongeurs. Chaque centre était invité à émettre un jugement d'efficacité du procédé.

3.3.3 Les dégâts à la strate herbacée

Dans l'une et l'autre enquête, les 3/4 des centres d'entretien qui signalent des dégâts dûs aux petits mammifères mentionnent les dommages à la strate herbacée. La seconde enquête montre que, pour 8 centres, ces dégâts sont observés chaque année, pour 5, certaines années seulement. Ils sont qualifiés d'importants à 3 reprises, lorsqu'une remise en état, probablement un réensemencement, s'est avérée nécessaire.

Nos observations nous conduisent à distinguer deux catégories de "dégâts". Premiérement, ceux occasionnés par le Campagnol des champs. Ce petit Rongeur vit dans des terriers ouverts dont les orifices sont reliés par des cheminements de surface, ou coulées. Il se nourrit essentiellement au niveau du sol et ne détruit que la partie aérienne des plantes. Si ces signes d'activité peuvent passer inaperçus sous le couvert végétal durant la belle saison, les traces hivernales sont très nettes à la fonte des neiges, les coulées formant alors des réseaux plus ou moins étendus. Les dommages sont cependant relativement faibles. Ainsi, sur la N1 Genève-Lausanne, ces stigmates ont disparu dans les 3 à 4 semaines qui suivent la reprise de la végétation, au printemps 1981. Cette situation est probablement la règle le long des routes du Plateau suisse.

La deuxième catégorie est constituée par les traces d'activité du Campagnol terrestre. Ce gros Rongeur vit dans la profondeur du sol, où il creuse un réseau de galeries en évacuant la terre sous forme de taupinières. Il prélève sa nourriture depuis l'intérieur de son terrier, consommant les racines et tirant dans ses galeries les parties aériennes des plantes, ce qui conduit à un anéantissement de la végétation. En hiver, lorsque la neige recouvre le terrain, il établit alors son terrier entre terre et neige en rejetant les matériaux dans les galeries abandonnées. Au printemps, les traces de cette activité hivernale sont caractérisées par la présence de grosses coulées alternant avec des boudins de terre. Lorsque les talus sont fortement colonisés durant

l'hiver, ces stigmates équivalent à un véritable labourage. Lors de la fonte des neiges, l'eau ruisselle aussi bien dans les galeries souterraines que le long des boudins, et une partie de la terre végétale est ainsi emportée. Tel était le cas au printemps 1981 sur plusieurs talus de la N12 Vaulruz-Bulle, et tout particulièrement sur un talus à forte déclivité (stabilisation naturelle) de la jonction de Vaulruz. Ces dégâts réels sont restés visibles plus d'une année (absence de gazon).

3.3.4 Les moyens de lutte utilisés

Lors de la deuxième enquête, 16 centres d'entretien, sur les 18 qui signalent des dégâts, ont pratiqué l'une ou l'autre forme de lutte, presque toujours à une occasion, parfois pendant 2 à 3 ans (Tab. 6). Trois centres refusent l'emploi de produits chimiques et optent pour une lutte biologique soit par la pose de perchoirs à rapaces, soit par l'intégration dans la plantation, d'arbustes considérés comme répulsifs par les Rongeurs. La lutte chimique est prédominante dans les autres cas, et l'utilisation de trappes n'est mentionnée qu'une fois en complément aux rodenticides. Deux techniques sont employées. D'une part, l'asphyxie par introduction de gaz dans les galeries souterraines; ce gaz est souvent obtenu par combustion de charbon de bois dans des brûleurs spéciaux, acquis à cette occasion. D'autre part, l'empoisonnement par appâts toxiques, généralement introduits dans les terriers de Rongeurs. Les appâts ou supports, sont des grains de blé ou des blocs de moutures enrobés de paraffine. Les rodenticides sont de la crimidine, du phosphure de zinc et du coumafène ou du difénacoum. Les deux premiers sont des toxiques violents, qui agissent après une ingestion unique, les seconds, des anticoagulants, toxiques chroniques qui nécessitent théoriquement une ingestion répétée.

Le jugement d'efficacité de ces différents produits par les responsables des centres d'entretien (Quest. 7a, 7b) est extrêmement variable (Tab. 6), et parfois contradictoire. Cela provient sans doute de procédés d'application divers dans des conditions elles aussi différentes. Les surfaces traitées

varient de 1'000 à 200'000 m2, mais le coût de ces opérations n'a pu être évalué réellement. Les catégories de dépenses (Quest. 7c) ont été probablement mal définies dans le questionnaire, et les sommes, lorsqu'elles sont mentionnées, se réfèrent au seul coût du produit. Par ailleurs, il semble que la quantité d'appâts utilisés lors d'une opération de lutte n'ait que rarement été évaluée.

3.4 Résultats II: Observations et tests

3.4.1 L'observation des plantations

Le Tableau 8 résume les principales observations réalisées dans 8 plantations (voir Tab 7. pour leur emplacement); en regard se trouve le nom du ravageur probable, dont la présence dans la plantation a été attestée par piégeage ou d'une autre manière (lieu no 3) ou, si ce nom est suivi d'un point d'interrogation, lorsque l'identification du ravageur repose sur le seul examen de traces.

LIEU	NO	DATE	ECHANTILLONNAGE	N PLANTS RECENSES
N1 Bern (Neufeld) - Jonction	1	06.80	4 Qu. 10m x 10m	217
N12 Vaulruz-Bulle - Talus de jonction	2	04.81	Plantat. totale	521
N2 Flüelen - Jonction	3	07.81	3 Qu. 10m x 10m	98
N2 Flüelen-Altdorf - Talus	4	07.81	Total sur 50m	46
N1 W'thur (Ohringen) - Jonction	5	07.81	3 Qu. 10m x 10m	230
N13 Sargans-Bad Ragaz - Talus	6	07.81	Total sur 50m	46
T6 Lätti-Bundkofen - Talus	7	01.83	Total sur 25m	120
T6 Lätti-Bundkofen - Talus de jonction	8	01.83	Total sur 25m	78
			T o t a l :	1356

Tableau 7: Liste des plantations endommagées contrôlées au cours de cette étude.

Pour être interprétés, ces résultats doivent être complétés par des observations plus occasionnelles et non chiffrables. La lecture des colonnes du tableau révèle une intensité d'attaque globale qui varie de 10 à plus de 80 % des plants (col.3). Un arbuste peut être considéré comme irrémédiablement

LIEU NO	TOTAL PLANTS	PLANTS ATTAQUES Nombre total	Racines	Racines +collet	Collet	Collet +tronc	Tronc	Bran.	Dévelop.végét -	-/+	+
1	2	3	colonne no 4						5		
			Campagnol des champs								
1	217	109		11	98				55		54
	100%	50.2		5.1	45.1				25.3		24.9
			Campagnol terrestre								
2	521	81	10	8	13		20	30	6	1	74
	100%	15.5	1.9	1.5	2.5		3.8	5.8	1.2	0.2	14.1
			Campagnol agreste								
3	98	81				55	26		8	19	54
	100%	82.7				56.1	26.5		8.2	19.4	55.1
			Campagnol agreste ?								
4	46	16					12	4	2		14
	100%	34.8					26.0	8.7	4.3		30.4
			Campagnol terrestre ?								
5	230	22	21		1				10	8	4
	100%	9.6	9.1		0.4				4.3	3.5	1.7
			Campagnol agreste ?								
6	46	12				2	7	3	6		6
	100%	26.1				4.3	15.2	6.5	13.0		13.0
			Campagnol des champs								
7	120	13		11	2				(11)		-
	100%	10.8		9.2	1.7				(9.2)		
			Campagnol des champs								
8	78	15		11	4				(11)		-
	100%	19.2		14.1	5.1				(14.1)		

Tableau 8: Aspect des dégâts dans les plantations contrôlées.

détruit lorsque le développement des bourgeons est stoppé (col. 5). Ce phénomène est associé soit à une destruction du système radiculaire - le plant se laisse arracher sans résistance -, soit à un écorçage qui s'étend sur plus des 3/4 du pourtour du collet ou du tronc et atteint l'aubier, interrompant ainsi tout flux de sève vers les parties supérieures. Selon ces critères, de 1 à 25 % des plants sont détruits dans les plantations examinées.

La lecture des lignes montre que l'emplacement des blessures est associé à l'espèce ravageuse, pour autant que l'on tienne compte de certaines conditions qui règnent au moment des dégâts.

- Les blessures occasionnées par le Campagnol des champs se situent au niveau du collet, mais peuvent se prolonger le long de la racine principale (lieux no 1,7,8). Ceci est particulièrement marqué dans les deux dernières plantations, où les dégâts se sont produits immédiatement après la mise en terre. A cette époque, la terre autour du nouveau plant est moins tassée, moins compacte qu'alentour. De fait, on observe très souvent l'amorce d'une galerie de Campagnol des champs juste au pied de l'arbuste. Par ailleurs, le suivi de Campagnols marqués radio-activement sur le terre-plein central de la N1 Genève-Lausanne (voir section suivante) a démontré que ces animaux établissaient régulièrement leur nid entre les racines des arbustes, dans la terre meuble de la rigole de plantation. Quels que soient les motifs qui induisent le comportement d'écorçage proprement dit, il est extrêmement probable que la présence de terre peu compacte, voire d'un trou de plantation incorrectement rebouché, exerce un attrait sur les Campagnols; la destruction du système radiculaire, atypique pour cette espèce, est question d'opportunisme, et peut découler de l'aménagement du terrier.

- Une observation similaire a été faite dans le site no 2, où les dégâts paraissent dûs exclusivement au Campagnol terrestre, une espèce fouisseuse. Sur ce talus, les rigoles de plantation, obliques, sont encore bien visibles, et l'on est frappé par le fait que les arbustes blessés, typiquement

à la racine, se retrouvent à plusieurs dans la même ligne, sur une galerie de Campagnol terrestre. Par ailleurs, nombre de traces hivernales - boudins - suivent également ces rigoles de plantation. Toutefois, de nombreuses petites blessures ont été constatées au tronc et aux branches d'arbustes de faible taille (*Salix purpurea*, var. *nana*). Lors de l'hiver 1980-81, les talus du secteur Vaulruz-Bulle ont été recouverts d'une importante couche de neige (comm. pers. de Monsieur Liard, centre d'entretien de Vaulruz), atteignant par place la hauteur de la clôture à gibier. Or, si le Campagnol terrestre est nettement fouisseur, certaines observations récentes suggèrent que cet animal se déplace également par des galeries creusées à même la neige. Ceci pourrait constituer une explication à l'attaque atypique partielle observée dans cette plantation.

- Dans la plantation no 3, les blessures sont localisées à la partie épigée de l'arbuste, soit collet et tronc, mais elles s'étendent rarement sur tout le pourtour de ce dernier. Il s'agit de dégâts relativement typiques du Campagnol agreste, de taille à peine supérieure à celle du Campagnol des champs, mais qui est moins enclin à creuser. Comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, cette espèce est connue pour ses dégâts d'écorçage. Contrairement au Campagnol des champs, ses ravages ne s'exercent pas seulement sur de jeunes plants, mais affectent également des arbres de taille plus importante, par exemple, dont le diamètre du tronc, mesuré à 20 cm de hauteur, est supérieur à 7-8 cm (plantation no 4; reboisement d'Essertines s/Rolle VD, contrôlé au printemps 1981 à titre de comparaison).

Considérées à moyen et long terme, les conséquences de l'attaque d'une plantation par les Rongeurs s'avèrent sans doute moins graves qu'il n'y paraît, du moins lorsqu'il s'agit d'une plantation de surface. En effet, plusieurs espèces arbustives apparaissent capables de survivre après l'attaque en produisant des rejets latéraux.

Ce dernier point n'est cependant pas uniquement une fonction de l'espèce d'arbre ou d'arbuste. L'emplacement de l'attaque joue un rôle prépondérant. Ainsi, un écorçage du collet et du

tronc, s'il est assez étendu pour interrompre le flux de sève, amène un dessèchement de la partie principale du plant. Mais si la zone radiculaire reste intacte, des rejets latéraux peuvent se former dans la partie supérieure de cette zone. Nous l'avons observé assez régulièrement chez l'Aubépine, *Crataegus monogyna* et les Aulnes, *Alnus* sp., et en partie chez le Troëne, *Ligustrum vulgare*, le Sureau, *Sambucus nigra*, et le Chèvrefeuille, *Lonicera xylosteum*, mais le phénomène est probablement plus répandu encore. En arboriculture, MEYLAN (1977) considère que la vigueur du porte-greffe chez les pommiers peut être un facteur déterminant dans la résistance après une attaque partielle du système radiculaire par le Campagnol terrestre.

3.4.2 Les tests de préférences

Les tests de préférences réalisés en laboratoire n'ont pas amenés les résultats escomptés, ceci pour deux raisons. Premièrement, le code utilisé pour quantifier le degré d'attaque sur le terrain s'est révélé trop grossier pour établir une analyse de préférences dans les conditions de cette expérience. Seule transparaît une tendance: *Forsythia* est l'essence préférée, suivie de *Salix purpurea*. La distinction entre *Alnus* et *Ligustrum* est moins nette, ces deux essences n'apparaissant pas spécialement attractives. Il n'est pas impossible que la préférence pour *Forsythia* sp. soit due à son écorce fine et à son suc abondant.

Deuxièmement, si l'examen ultérieur des autres plantations a généralement confirmé une prédilection pour certaines des essences présentes, cette sélection était différente suivant la plantation. Dès lors, l'établissement d'une liste d'essences sensibles nous est apparue comme une entreprise très longue, nécessitant la comparaison d'espèces, mais surtout de cultivars. En effet, EIBERLE (1977) suppose une influence de la composition chimique du substrat de culture des clones de Peuplier sur l'attaque sélective du système radiculaire par le Campagnol terrestre. Tester expérimentalement un nombre aussi considérable de paramètres sortait alors du cadre de ce projet de recherche, et nous avons renoncé à

poursuivre dans cette direction.

Mais l'étude citée plus haut (EIBERLE, 1977) est intéressante à un autre point de vue. Après analyse des principaux constituants chimiques des clones attaqués et des clones épargnés, cet auteur émet l'hypothèse que certaines huiles essentielles pourraient, selon leur concentration, agir répulsivement lorsque le Campagnol terrestre tente de ronger l'arbre. Il se peut que ce soit également l'explication à l'immunité de *Rubus nigra* constatée par certains responsables de l'aménagement paysager. Il faut pourtant préciser que cette éventuelle action répulsive ne peut se manifester que lorsque l'animal entre en contact avec l'arbre; un effet à distance, susceptible de protéger d'autres plants, apparaît beaucoup plus difficilement concevable.

3.5 Conclusions

Les enquêtes effectuées en 1981 auprès des responsables de l'entretien des routes nationales, et les diverses observations, méthodiques ou occasionnelles, permettent d'obtenir une image claire des déprédations commises par les petits Rongeurs dans l'emprise des autoroutes.

- Les dégâts aux installations techniques sont rares, aléatoires et imprévisibles. Les auteurs en sont probablement la Souris domestique, peut-être les Rats et les Mulots, beaucoup plus rarement des Campagnols. La présence d'un seul individu peut déjà conduire à des dommages.

- Les dégâts aux plantations sont les plus fréquents. Ils se produisent généralement au cours de la mauvaise saison et affectent en premier lieu des plantations jusqu'à l'âge de 3 ans. Leur importance est très variable. Les diverses essences d'une même plantation apparaissent attaquées sélectivement. Les raisons d'un tel comportement de la part des Rongeurs restent inconnues, mais on peut soupçonner un ensemble complexe de phénomènes, notamment au niveau de l'éco-physiologie de l'arbuste. L'emplacement et l'étendue de la blessure influencent la potentialité de survie des

plants. Lorsque l'attaque se situe au niveau du collet, mais que la racine reste intacte, certaines essences sont capables de produire des rejets latéraux. A ce niveau, l'impact des Rongeurs réside plutôt dans un ralentissement de la production nette de biomasse. La destruction des racines conduit à une élimination de l'arbuste. Dans les plantations de surface étendues (jonctions), la disparition de 10 % des plants à l'âge de 2 à 3 ans, même si elle ne passe pas inaperçue, ne nous paraît pas dramatique: l'éclaircissement sélectif ainsi produit peut se révéler bénéfique pour la croissance des arbustes survivants. En revanche, une destruction de cette ampleur dans une plantation étroite, de type haie, peut nécessiter un remplacement, car l'éclaircissement trop important peut nuire aux fonctions de la plantation. Les Rongeurs responsables de ces dégâts sont avant tout le Campagnol des champs, plus localement le Campagnol agreste et le Campagnol terrestre. L'emplacement des blessures permet, dans une large mesure, de déterminer à quelle espèce on a affaire. Il faut cependant mentionner deux types de diagnostics erronnés, probablement fréquents:

1) Après l'hiver 1980-81, des plants d'Argousier (*Hippophaë rhamnoides*) situés sur le terre-plein central montraient un tronc pelé régulièrement sur 20 cm à une hauteur constante de 50 cm. Ces dégâts avaient été attribués aux Rongeurs. Mais l'absence de traces d'incisives et la régularité des blessures nous ont conduit à tenir le sel pour responsable.

2) La destruction du système radiculaire est très souvent citée comme l'élément majeur de l'attaque des plantations. C'est vrai dans un sens, mais ceci fait supposer de prime abord à l'action d'un rongeur fouisseur, tel le Campagnol terrestre. Nos observations montrent cependant que, si la racine est effectivement touchée, elle l'est conjointement avec le collet, et ces déprédations sont alors celles du Campagnol des champs, éventuellement du Campagnol agreste.

- Les dégâts à la strate herbacée sont signalés aussi souvent que les précédents. Toutefois, on ne doit pas considérer comme des déprédations sérieuses les stigmates laissés à la fonte des neiges par l'activité hivernale des Campagnols des champs, agrestes, ou des Mulots. La strate herbacée et la couche de terre végétale ne sont pas réellement atteintes, et la reprise de la végétation efface rapidement ces traces. Il faut cependant relever que, localement et en particulier sur les talus, de fortes densités hivernales de Campagnols des champs peuvent conduire à certains dommages, les pluies entraînant une érosion avant même la repousse de la végétation. En revanche, le bouleversement du sol créé par le Campagnol terrestre est beaucoup plus inquiétant lors d'une forte colonisation hivernale des talus. D'une part, cet animal déplace une masse de terre nettement plus importante en creusant ses réseaux de galeries et d'autre part, il anéantit la végétation en détruisant le système radiculaire des plantes. Les risques d'érosion sont ainsi beaucoup plus élevés.

La situation sur le plan des méthodes de lutte apparaît très variable si l'on se réfère aux résultats de la deuxième enquête et aux discussions avec les responsables de l'entretien. Ce problème sera repris dans les conclusions générales et traité, dans son aspect pratique, dans le second rapport.

4. ETUDE DE TROIS POPULATIONS DE CAMPAGNOL DES CHAMPS LE LONG D'UN SEGMENT D'AUTOROUTE

4.1 Introduction

L'étude de l'occupation spatiale des bords et du milieu de l'autoroute par le Campagnol des champs, *Microtus arvalis*, avait pour buts d'une part, d'observer la manière dont ces animaux utilisent l'espace dans une parcelle très linéaire telle que le terre-plein central et d'autre part, de déterminer le comportement spatial en relation avec le couvert végétal des talus ou, en d'autres termes, l'incidence des pratiques générales de l'entretien paysager sur la distribution locale du Campagnol des champs.

L'étude de la dynamique de population devait permettre de suivre l'évolution saisonnière, voire annuelle, de la densité, la rapidité d'accroissement des populations au cours de la période de reproduction, et enfin les variations du taux de survie, suivant la saison et le milieu.

Le premier sujet a été abordé dans une note (BOURQUIN & MEYLAN, 1982). La synthèse ci-dessous est un condensé d'une publication en préparation.

4.2 Zone d'étude

Après examen de plusieurs segments d'autoroutes du Plateau suisse, nous avons retenu comme zone d'étude un secteur de la N1 Genève-Lausanne. Situé entre Bursins et Rolle (VD), il a été choisi essentiellement parce qu'il comprenait les différents types d'exploitation des bords d'autoroutes: talus planté, sans plantation, fauché régulièrement et non entretenu.

La zone d'étude se subdivise en trois parcelles:

A - Le talus nord, non planté. Il s'étend entre l'autoroute, au sud-est, et des cultures de maïs, impropres à la colonisation par *M. arvalis*, au nord-ouest. Cette zone peut être séparée en deux bandes herbeuses distinctes suivant leur mode d'exploitation. Le talus proprement dit, large de 4 m, se situe dans le périmètre de l'autoroute et il est tondu régulièrement, soit une fois toutes les trois semaines en moyenne entre mars et octobre. La deuxième bande, de largeur égale à la première, est séparée de cette dernière par la clôture à gibier. Il s'agit en fait d'un droit de passage laissé en friche jusqu'à la fin de novembre, date à laquelle les travaux agricoles sur les terres limitrophes nécessitent un fauchage sur les 3/4 de sa largeur.

B - Le talus sud, planté. Large de 8 m, il est bordé par l'autoroute sur son flanc nord-ouest. La première moitié du talus - dans le sens de la largeur - est un remblai planté de fourrés. La seconde moitié, plate, est recouverte d'herbe tondue régulièrement, soit aux mêmes périodes que le talus nord. Mais contrairement à ce dernier, il n'y a pas ici de zone en friche importante derrière la clôture à gibier. Les terres agricoles, également des champs de maïs, s'étendent jusqu'à moins de un mètre de la clôture et ne laissent entre-deux qu'une étroite ligne d'herbe assez haute, mais très discontinue par suite du désherbage chimique effectué tous les deux ans au printemps.

C - Le terre-plein central (abrégé par la suite TPC). Large de 4 m, il comporte une haie centrale formée de *Ligustrum vulgare* ssp. et de quelques buissons de *R. canina*. La rigole de plantation, large de 50 cm et profonde d'autant, est constituée de terre végétale ameublie au cours des années par l'incorporation des feuilles mortes provenant des arbustes. L'engazonnement de la surface restante est effectué sur une mince couche de terre végétale. La partie qui longe la glissière sur son côté sud-est porte un gazon continu, formé d'herbe relativement haute. En revanche, sur

la zone située au nord-ouest de la glissière centrale, la terre végétale a disparu en plusieurs endroits, laissant apparaître le tout-venant. De ce fait, la strate herbacée est discontinue. Quant aux graminées poussant sous la glissière de sécurité, elles sont détruites chimiquement au printemps, alors que le reste de la zone engazonnée est tondu une fois l'an, au début de l'automne.

4.3 Méthodes

L'occupation spatiale a été déterminée d'une part au niveau individuel, en suivant une vingtaine d'animaux marqués radio-activement, et d'autre part au niveau de la population, en utilisant les données des piégeages par capture-marquage-recapture (CMR) effectués dans le cadre de l'étude de la dynamique de population. Compte tenu du nombre très faible de Campagnols présents sur le talus sud durant la plus grande partie de cette étude, l'occupation spatiale de cette zone n'est pas prise en considération dans ce rapport.

4.3.1 Marquages radio-actifs

Le marquage radio-actif a déjà été largement utilisé chez les petits Rongeurs (GODFREY, 1954; AMBROSE, 1969; LE LOUARN & DASSONVILLE, 1972; DOUGLASS, 1976; AIROLDI, 1979). Le procédé utilisé est celui décrit par ce dernier auteur : un filament de Tantale (diam. 0,2 mm, long. 7,0 mm, poids 3,5 mg) est irradié à 200 µc et collé à une marque auriculaire avec une résine époxy. Chaque campagnol marqué est suivi au moyen d'un compteur Geiger-Mueller portatif dont la sonde est fixée à une perche de 3 m (talus) ou 1.5 m (terre-plein central).

Quatre marquages préliminaires ont été réalisés en novembre-décembre 1981 sur le TPC. Les Campagnols ont été repérés 2-5 fois par jour jusqu'à leur disparition, soit durant 1 mois environ (voir Tab. 10). Ces disparitions nous ont incité à raccourcir le temps de marquage et à concentrer les relevés sur de plus courtes périodes. Dans les essais ultérieurs, la position des animaux marqués a été contrôlée toutes les 30 min.

durant les heures de jour; aucun relevé nocturne n'a été effectué pour des raisons de sécurité. Des contrôles plus fréquents, soit toutes les 15 min., et, à fortiori, un suivi continu, se sont avérés perturber considérablement l'animal, qui restait terré au même endroit plusieurs heures d'affilée. Un piquet muni d'une étiquette numérotée était placé à chaque nouvelle localisation et ses coordonnées relevées à la fin de l'expérimentation. Initialement, la durée prévue d'un marquage était de 3 jours. Mais, si passé ce laps de temps le nombre de relevés était inférieur à 30, ce qui arrivait fréquemment en raison de l'accès impossible à cause des conditions météorologiques, le repérage était poursuivi durant 2 jours encore au maximum. En raison des interruptions dues au trafic de week-end, le suivi radio-actif ne s'est jamais étendu sur une période de plus de 8 jours.

4.3.2 Piégeages

Compte tenu de l'examen conjoint de paramètres démographiques et comportementaux (déplacements, occupation spatiale) dans les mêmes populations, la dynamique des effectifs de Campagnols des champs sur les bords et le terre-plein central de l'autoroute a été approchée par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR). Lors de leur première capture, les Campagnols sont marqués au moyen d'une bague numérotée, fixée à l'oreille. A chaque reprise, ils sont pesés, leur condition sexuelle est contrôlée. Finalement, ils sont relâchés à l'endroit exact de leur capture. Au total, 3063 captures relatives à 768 Campagnols des champs ont été faites sur les trois parcelles au cours de 44 piégeages (Tab. 9) réalisés entre mars 1981 et novembre 1982 sur les talus, et entre novembre 1980 et octobre 1982 sur le TPC.

Sur les talus, le dispositif de piégeage comprenait 200 trappes "Longworth", appâtées et garnies de foin, et placées en 4 lignes de 50, formant ainsi une grille de 98 m x 6 m à maille carrée de 2 m. La densité des pièges était donc de 1 par 4 m^2. Sur le TPC, le dispositif a été réduit à une seule ligne avec les pièges placés tous les 2 m, en alternance de chaque côté de la glissière centrale. La zone de piégeage s'étendait sur 200 m

jusqu'en octobre 1981 avec 100 pièges. Dès janvier 1982, la longueur a été doublée en adjoignant une zone de 100 m à chaque extrémité du secteur initial, portant ainsi le nombre de pièges à 200. Cette modification est due essentiellement à la faible densité de Campagnols sur le TPC en octobre 1981, un phénomène difficilement prévisible, si l'on tient compte à la fois de l'augmentation des effectifs sur le talus nord cette année-là, et des densités plus élevées observées sur le TPC l'automne précédent. La densité des trappes est restée constante avec 1 piège par 8 m^2.

Le déroulement des piégeages appelle quelques remarques. Les conditions de travail sur les bords et le milieu d'une autoroute dont le trafic journalier moyen est d'environ 30'000 véhicules sont subordonnées à des règles de sécurité contraignantes. Ainsi, l'accès est limité aux heures de jour entre le lundi et le vendredi midi et, plus particulièrement pour le TPC, à de bonnes conditions météorologiques, et par là-même, de visibilité. De ce fait, le déroulement traditionnel des piégeages est modifié sur trois points. Premièrement, il n'y a pas de relevés nocturnes: les pièges sont laissés en position de pré-appâtage durant la nuit. Deuxièmement, une détérioration trop importante des conditions météorologiques au cours d'un piégeage peut entraîner un arrêt momentané des relevés; le piégeage ne pouvant être prolongé durant le week-end, le nombre de relevés est alors réduit. Troisièmement, la date du piégeage ne peut être fixée qu'une semaine à l'avance, en raison d'éventuels travaux d'entretien; cependant, la décision définitive n'est prise qu'au dernier moment; en conséquence, les intervalles entre piégeages successifs sont irréguliers sur les trois parcelles.

PARAMETRE	TALUS NORD	TALUS SUD	TERRE-PLEIN CENTRAL
Pièges:			
- type	Longworth	Longworth	Longworth
- nombre	200	200	100 ; 200
- disposition	4 lignes de 50	4 lignes de 50	1 ligne de 100 ; 1 ligne de 200
- densité	1 par 4m2	1 par 4 m2	1 par 8 m2 ; 1 par 8 m2
Grille			
- maille	2m x 2m	2m x 2m	---- ; ----
- surface	98m x 6m	98m x 6m	198m ; 398m
Parcelle			
- surface	100m x 8m	100m x 8m	200m x 4m ; 400m x 4m
Piégeages			
- nombre	17	12	15
- intervalle			
moyen	38 jours	57 jours	50 jours
min/max	21 j/64 j	26 j/118 j	21 j/92 j
- nombre de relevés/piég.			
moyen	6.5	7.0	6.75
min/max	4 / 10	5 / 10	5 / 12
Nombre total			
- de relevés	117	91	108
- d'individus capt	464	88	216
- de captures	1969	396	698

Tableau 9: Protocol e de piégeage

4.3.3 Evaluation des résultats

Le marquage radio-actif a l'avantage de permettre de nombreux repérages de l'animal en un temps assez court, et les localisations correspondent à l'endroit exact où se tient le sujet; son inconvénient réside dans l'obligation, si l'on marque simultanément plusieurs individus, de se limiter à ceux dont les zones de déplacements ne se recouvrent pas. Les piégeages autorisent le contrôle simultané de tous les Campagnols piégeables, mais ces positions sont pré-définies par l'emplacement des pièges, et le nombre de localisations est limité par la fréquence des relevés.

Au niveau de l'individu, l'occupation spatiale a donc été étudiée essentiellement sur la base des marquages radio-actifs, et secondairement en fonction des localisations par CMR. Compte

tenu de la linéarité des milieux, nous avons choisi la plus grande longueur observée entre deux localisations extrêmes comme descripteur du domaine individuel. La surface n'intervient qu'à titre indicatif et a été calculée selon le principe du polygone minimum incluant toutes les localisations (A2 de JENNRICH & TURNER, 1969), mais seulement pour les marquages radio-actifs, où le nombre d'observations est suffisant. Au niveau de la population, l'occupation spatiale a été représentée en assimilant chaque individu au centre géométrique pondéré de tous ses points de capture lors d'un piégeage donné (G=x;y). Dans le cas du TPC, les localisations de captures ont été ramenées à une distribution unidimensionnelle (y=0).

Le réseau de pièges très dense a permis de recenser à chaque piégeage au moins 80 % de la fraction "trappable" de la population, soit la fraction des animaux assez âgés pour pouvoir entrer dans un piège. De ce fait, la densité peut être estimée par le "nombre minimum d'individus vivants" dans la parcelle lors de chaque piégeage, selon KREBS (1966): au nombre de Campagnols effectivement capturés, on ajoute les individus absents lors de ce piégeage, mais capturés lors d'un recensement antérieur et d'un recensement ultérieur. On admet ainsi qu'ils étaient présents dans la parcelle entre-temps, même s'ils n'ont pas été capturés. Bien entendu, ceci ne vaut ni pour le premier, ni pour le dernier piégeage, puisqu'il n'y a pas de recensement antérieur, respectivement ultérieur. Dans ce travail, la sous- estimation des effectifs qui pourrait en résulter est cependant insignifiante, compte tenu de l'importante fraction "trappable" de la population capturée à chaque occasion.

4.4 Résultats I: Occupation spatiale

4.4.1 Les Campagnols du terre-plein central

Le Tableau 10 (A-C) résume les marquages radio-actifs effectués sur le terre-plein central. La Figure 2 présente le domaine individuel, obtenu par la méthode du polygone minimum, de quelques Campagnols des champs suivis radio-activement durant 1 mois et plus en 1981 (Tab. 10 A) et pendant 8 jours ou moins en 1982 (Tab. 10 B, C). L'emplacement du nid est signalé par un triangle, alors que la glissière de sécurité est symbolisée par des pointillés. L'origine des coordonnées X est située au point kilométrique 42.3, celle des coordonnées Y sur l'axe médian du TPC. Pour des raisons graphiques, l'échelle des Y a été grossie 5x par rapport à celle des X.

D'une manière générale, l'occupation du sous-sol par un individu est restreinte à la rigole de plantation de la haie qui est ici décalée par rapport à la glissière médiane, le plus souvent sur son flanc sud-est, localement sur son flanc nord-ouest. Cette situation correspond à la position des galeries souterraines principales, en général au nombre de deux et largement utilisées au vu de leur diamètre; elles courrent longitudinalement à 2-3 cm sous l'humus et sont reliées de part en part par des passages transversaux, l'ensemble ayant la représentation schématique d'une échelle. Les localisations les plus éloignées de la glissière médiane sont fréquemment de courtes galeries divergentes débouchant sur une place de nourrissage ou/et sur un cheminement épigé parallèle aux galeries principales. Le nid, défini comme le point où l'animal a été localisé le plus souvent et le plus régulièrement, est situé à chaque fois sous les racines d'un arbuste de la haie médiane. Il n'occupe que très rarement une position centrale entre les deux extrémités de la zone individuelle comme chez les animaux no 995b et 1416.

ANIM. NO	SEX.	REPR.	POIDS(g)	DATES		N.REL	N.LOC.	A2 (m2)	LONG.MAX (m)
A : TERRE PLEIN CENTRAL - AUTOMNE 1981									
815	M	NA	17.0	2-10.12.81		12	7	6.41	37.8
732	F	NA	22.3	2.11-10.12.81		64	14	19.63	26.6
709	F	NA	23.5	6-30.11.81		59	30	38.96	72.2
826	F	NA	18.5	6.11-10.12.81		49	14	37.81	51.4
B : TERRE PLEIN CENTRAL - ETE 1982									
998	M	A	30.0	6-14.07.82	a)	24	14	46.83	68.6
					b)	29	18	254.06	201.8
993	F	L	31.0	6-14.07.82	a)	28	11	7.48	17.4
					b)	29	12	38.47	93.9
995	F	P	34.0	29.06-6.07.82		52	14	11.43	27.4
853	F	P	35.0	29.06-6.07.82		52	17	23.91	57.0
C : TERRE PLEIN CENTRAL - AUTOMNE 1982									
1414	M	NA	20.0	28.09-4.10.82		44	15	6.88	16.1
1440	M	NA	17.8	28.09-4.10.82		44	27	13.67	26.8
1402	M	NA	21.5	5-8.10.82		25	19	14.97	32.9
995	F	L	36.0	28.09-4.10.82		39	17	16.89	35.1
1416	F	L	27.0	5-8.10.82		22	18	25.30	48.5
D : TALUS NORD - AUTOMNE 1982									
1499	M	A	28.0	17-22.11.82		29	25	11.53	25.0
1209	M	NA	17.0	15-22.11.82		41	21	18.87	15.6
1243	M	NA	19.7	10-15.11.82		43	15	12.75	16.8
1259	M	NA	20.0	10-15.11.82	a)	21	8	7.59	9.8
					b)	22	9	14.45	34.1
957	F	NA	31.0	10-16.11.82		39	20	16.01	20.8
1339	F	NA	30.0	10-16.11.82		43	16	9.85	20.9
1208	F	NA	16.6	16-22.11.82		36	25	7.52	12.0

Tableau 10 : Campagnols suivis par la technique du marquage radio-actif.

SEX : M = mâles; F = femelles.
REPR : Etat sexuel: NA = inactif; A = actif; P = F. gestante; L = F. allaitante.
N.REL: Nombre de relevés: a) = sans points extrêmes b) = avec extrêmes
N.LOC: Nombre de localisations différentes
A2 : Surface du polygone minimum selon JENNRICH & TURNER (1969).

La plus grande longueur des zones d'activité révélées par marquage radio-actif varie, les deux sexes confondus, de 27 à 72 m en automne 1981, de 17 à 69 m en juin/juillet 1982 et de 16 à 49 m en octobre 1982. Pour les mêmes périodes, la surface occupée varie respectivement entre 7 et 39 m^2, 7 et 47 m^2 et 7 et 25 m^2. Pour les deux périodes de 1982 (marquages de 3-8 jours), les valeurs médianes correspondantes pour tous les domaines individuels (n=9) sont respectivement de 30.2 m pour la plus grande longueur et de 14.3 m^2 pour la surface.

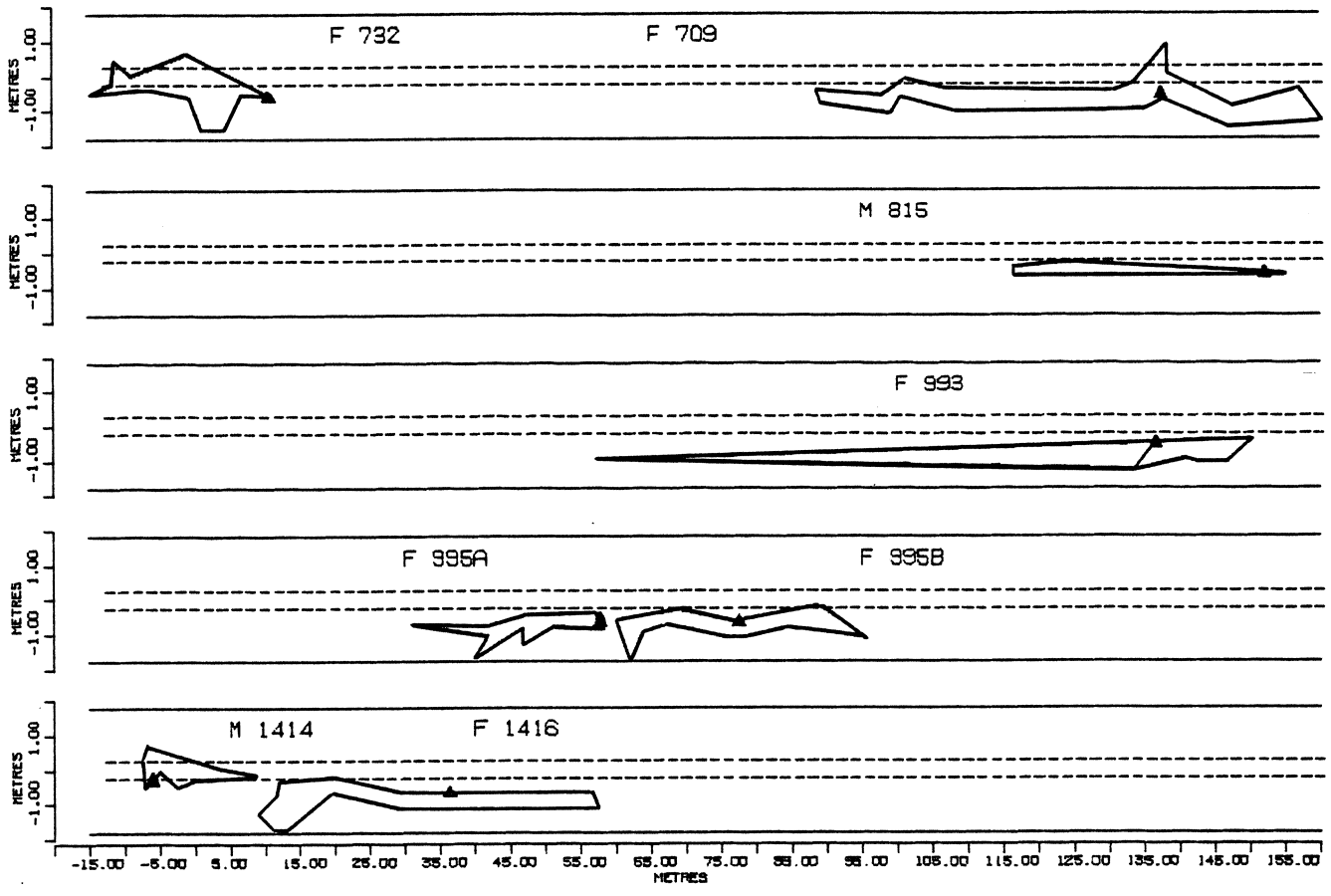


Figure 2 : Domaines individuels de quelques Campagnols des champs suivis par marquage radio-actif sur le terre-plein central. Voir autres explications dans le texte.

Sur la Figure 3, nous avons représenté, de manière schématique, l'emplacement respectif des domaines individuels de tous les Campagnols des champs suivis par marquage radio-actif sur le TPC. Nous y avons également inclu les localisations par CMR pour les piégeages qui précédaient et suivaient le marquage radio-actif. Ainsi, la succession des lignes correspond à différentes périodes, soit de piégeage, soit de suivi radio-actif. Graphiquement, chaque ligne symbolise le milieu du TPC. Les localisations sont donc représentées au-dessus ou au-dessous de cette ligne, suivant que l'animal a été localisé dans la moitié nord-ouest ou dans la moitié sud-est du TPC (voir "Zone d'étude").

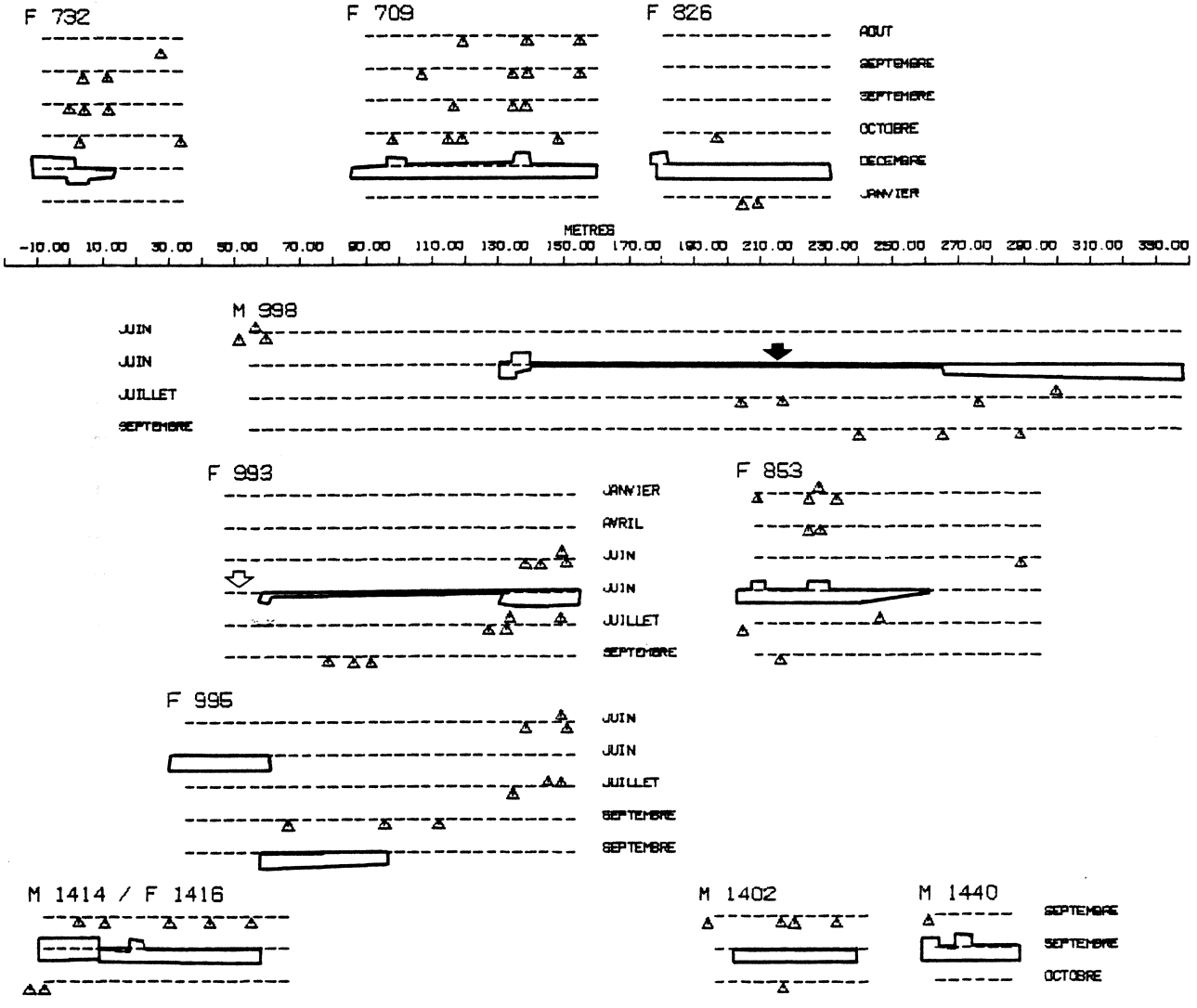


Figure 3 : Représentation conjointe du domaine individuel et des points de capture des Campagnols des champs marqués radio-activement sur le terre-plein central. (Autres explications dans le texte).

Trois éléments peuvent être mis en évidence. Premièrement, les domaines individuels obtenus par un suivi radio-actif de 3-8 jours ne se recoupent pas chez les subadultes (mâle 1414-femelle 1416) et chez les adultes (femelle 993-femelle 995a; femelle 853-mâle 998), sauf dans certains cas précis. Ceci suggère une partition du TPC entre un certain nombre d'individus.

Deuxièmement, le domaine individuel présente une instabilité au cours du temps, soit du point de vue de ses dimensions, soit en ce qui concerne son emplacement. Un tel phénomène avait déjà été relevé, entre autres, par AMBROSE (1969) chez *Microtus pennsylvanicus*. Ainsi, chez le mâle 998, se produit ce que l'on peut appeler une "saillie", à savoir un déplacement de l'activité dans une autre zone pour une période très courte - ici à plus de 130 m du domaine initial durant un jour -, et qui est suivi d'un retour à l'ancien emplacement. En fait, la recapture de cet animal (flèche noire) en dehors de son domaine originel semble indiquer que ce déplacement se soit produit à plusieures reprises. Il s'agit très probablement d'un comportement d'exploration lié à la recherche d'une femelle réceptive, soit, dans le premier cas, de la femelle 993, et dans le second, peut-être de la femelle 853. Mais il peut également se produire un déplacement plus définitif, une "dérive", telle qu'on l'observe chez la femelle 995, suvie en juillet (a), puis en octobre 1982 (b). Les domaines individuels ne se recouvrent pas et le nid est déplacé d'une dizaine de mètres. Le cas de la femelle 993 pourrait appartenir à l'une ou à l'autre de ces catégories. En début d'expérience, ce Campagnol a été capturé à l'endroit indiqué par une flèche blanche, pour permettre la fixation de la bague radio-active. Au cours des 24 heures suivantes, le sujet a été localisé régulièrement dans la zone A. Puis il s'est déplacé de 90 m environ dans la zone B, qu'il n'a plus quitté pendant toute la durée du marquage. A-t-on, lors de la première capture, surpris cette femelle dans une phase d'exploration, s'est-elle déplacée par suite des perturbations provoquées par la capture, ou pour d'autres raisons encore? Il est impossible de le déterminer, et ce cas illustre la difficulté de définir des catégories pour décrire un phénomène qui paraît dynamique et continu.

Troisièmement, les localisations obtenues par CMR lors d'un piégeage de 3-4 jours, soit d'une durée comparable à celle d'un marquage radio-actif, ne représentent qu'une partie du domaine individuel révélé par la seconde méthode. Mais il est possible qu'elles correspondent à une zone de fréquentation particulièrement intense du domaine individuel. Dans ces conditions, les limites de ce domaine ne sauraient être obtenues en utilisant les localisations par CMR lors d'un seul piégeage. Mais si ces dernières représentent des aires de fréquentation élevée, leurs déplacements peuvent fournir certaines indications sur les mouvements de l'animal. Ainsi, les Campagnols capturés en automne 1981 et, dans une moindre mesure, ceux piégés en automne 1982, se déplacent relativement peu d'un piégeage à l'autre. Les femelles 709 et 732 sont des sujets qui ont colonisé la parcelle entre juin et août 1981 et s'y sont reproduites cette année-là. Les animaux 826 (1981) et 1414, 1416, 1402, 1440 (1982) sont des subadultes, nés en fin d'été, et non reproductifs. La femelle 853 se déplace également assez peu au cours de l'ensemble des piégeages. Il s'agit d'un individu hivernant, né en automne 1981, et qui est devenu sexuellement actif au printemps 1982. Les femelles 993 et 995, qui ont colonisé le secteur médian du TPC en juin 1982, sont très certainement nées au printemps de cette année. Leurs déplacements apparaissent importants, jusqu'à 100 m environ, même si ces animaux semblent rester localisés dans un secteur bien défini. Les plus grands déplacements, de 200 à 300 m, sont observés chez le mâle 998, sexuellement actif: les localisations par CMR montrent que ce Campagnol a parcouru la parcelle sur presque toute sa longueur au cours des différents piégeages. Des mouvements du même ordre de grandeur ont été observés chez d'autres mâles actifs, mais qui, n'ayant pas été suivis par marquage radio-actif, ne figurent pas sur ce schéma.

A la Figure 4, nous avons représenté ce que donne l'ensemble de ces mouvements à l'échelon de la population; il s'agit de l'évolution de l'occpation spatiale entre janvier et octobre 1982 sur 400 m de TPC. Nous avons reproduit le nombre d'animaux,symbolisés par leur barycentre G, par secteur de 10 m.

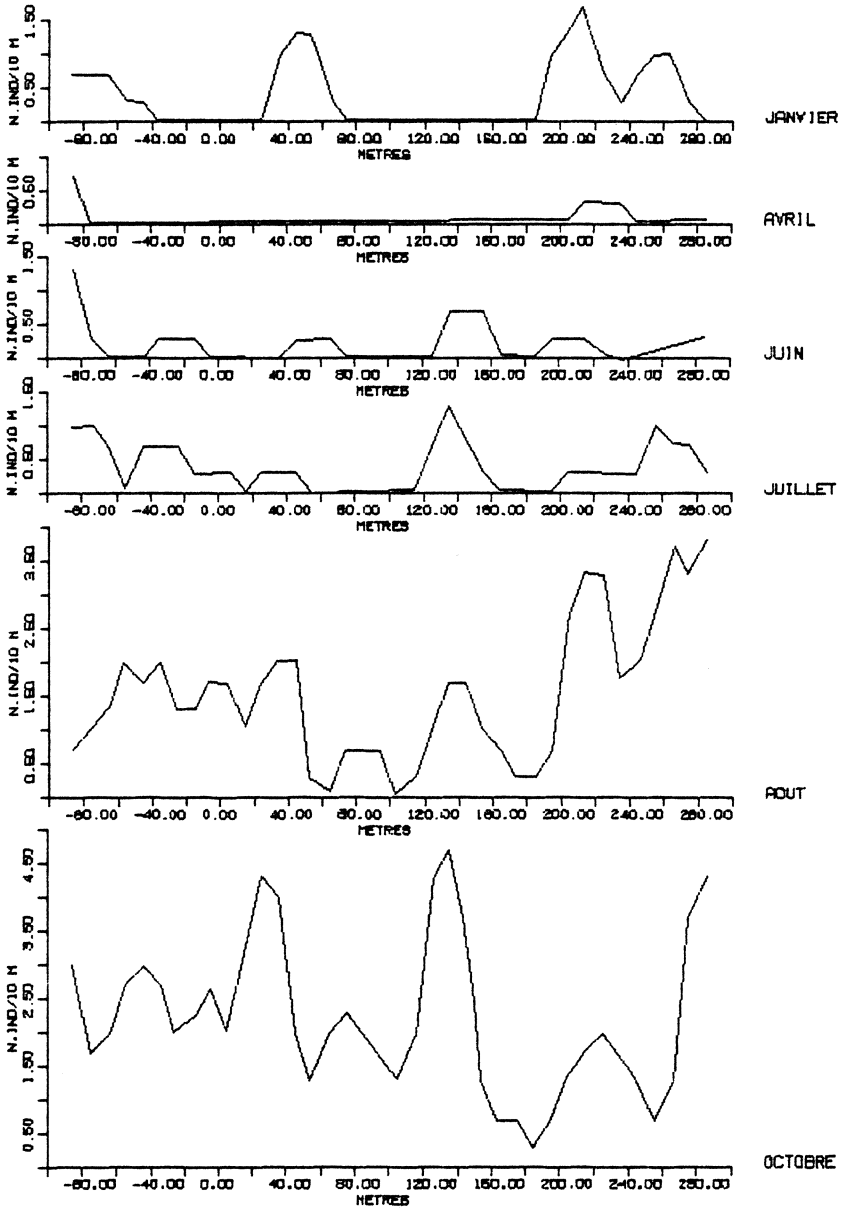


Figure 4 : Progression de l'occupation du terre-plein central par les Campagnols des champs au cours du printemps et de l'été.

Comme la longueur médiane des domaines individuels de tous les animaux marqués radio-activement est d'environ 30 m, nous avons admis que les Campagnols pouvaient se déplacer d'autant au cours d'un seul piégeage. Par ailleurs, on postule que le barycentre occupe une position centrale dans le domaine individuel. De ce fait, la courbe a été lissée par une moyenne mobile sur 3 valeurs. La zone vacante en avril (secteur 0-200m) est recolonisée depuis les extrémités en juin et certainement encore en juillet. La mobilité importante des Campagnols 993,995 et 998 observée en début d'été pourrait alors être interprétée comme un moteur de la recolonisation des zones vacantes ("dispersal sinks" selon LIDICKER, 1975) par les animaux des premières générations de l'année. Par la suite, la présence de plusieurs individus sexuellement actifs sur le segment médian ne permet plus de quantifier la part d'accroissement due à l'immigration ou à la naissance d'animaux in situ. Mais il est possible qu'une certaine partition du TPC entre Campagnols adultes et sexuellement actifs, notamment des femelles accompagnées, restreigne, en raison de l'étroitesse du milieu, le passage de migrants, subadultes et sexuellement inactifs; d'où un ralentissement de l'immigration et de l'émigration dans la parcelle médiane.

4.4.2 Les Campagnols du talus nord

Les marquages radio-actifs sont résumés au Tableau. 10 D, et les zones d'activité obtenues sont représentées à la Figure 5. Sur cette parcelle, le marquage radio-actif a été effectué en automne 1982 seulement, à une date où le droit de passage avait déjà été défriché. La ligne pointillée symbolise la clôture à gibier et correspond à l'origine des coordonnées Y. Les échelles X et Y sont accordées à celles du TPC.

D'une manière générale, les Campagnols se confinent, sur le droit-de-passage, à la zone non défrichée qui borde la clôture à gibier sur une largeur d'environ 1 m. A aucun moment, les animaux n'ont été localisés dans le secteur défriché, très probablement parce que le réseau de galeries a été détruit par le passage des lourdes machines agricoles. En revanche, les zones d'activité comportent presque toutes une extension sur le talus

fauché, laquelle est perpendiculaire à l'axe principal, et comprend la zone du nid (nos 957, 1209, 1259). Les plus grandes longueurs, sexes confondus, varient entre 10 et 25 m, les surfaces entre 7-8 et 19 m^2. Les valeurs médianes sont respectivement de 16.2 m pour la longueur et de 10.7 m^2 pour la surface.

A l'exception d'un individu (no 957), les Campagnols marqués radio-activement ont été capturés un nombre limité de fois, et la comparaison entre domaine indiviuel et localisations de capture n'apporte rien de particulier. En revanche, 11 autres animaux ont été piégés très fréquemment entre août 1981 et mai 1982, permettant ainsi une appréciation des déplacements.

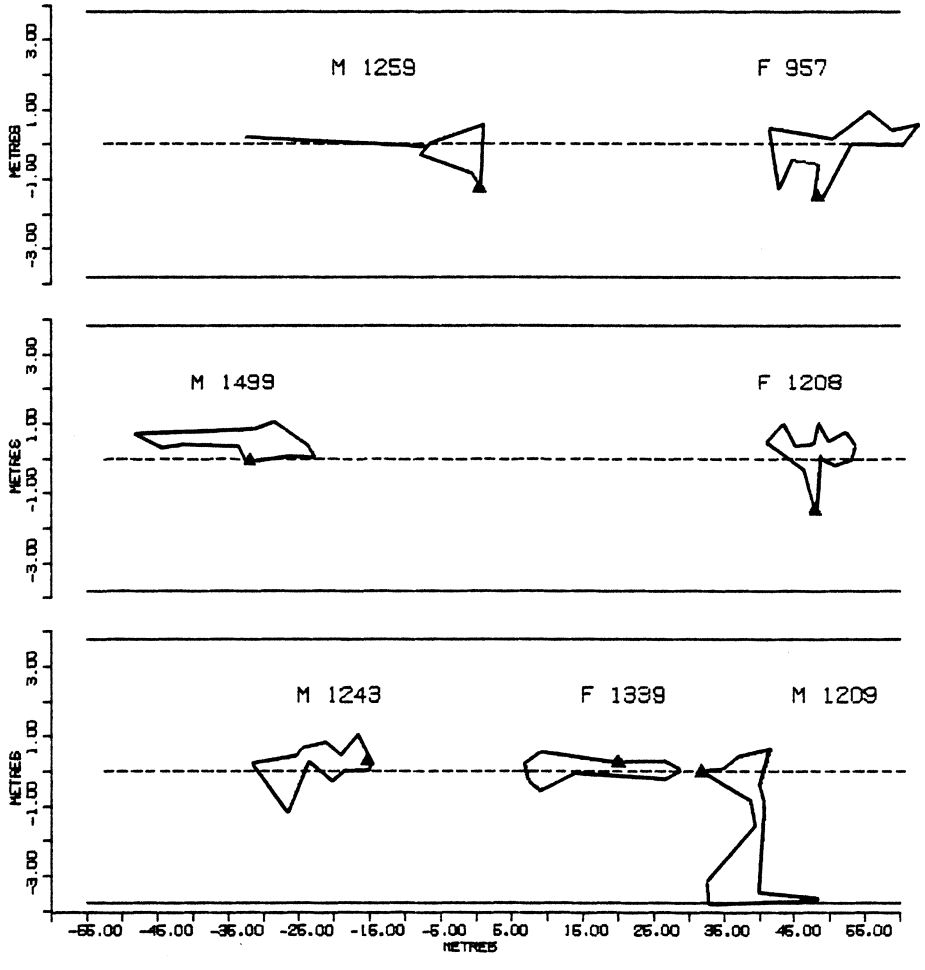


Figure 5 : Domaines individuels des Campagnols des champs suivis par marquage radio-actif sur le talus nord. (Autres explications dans le texte).

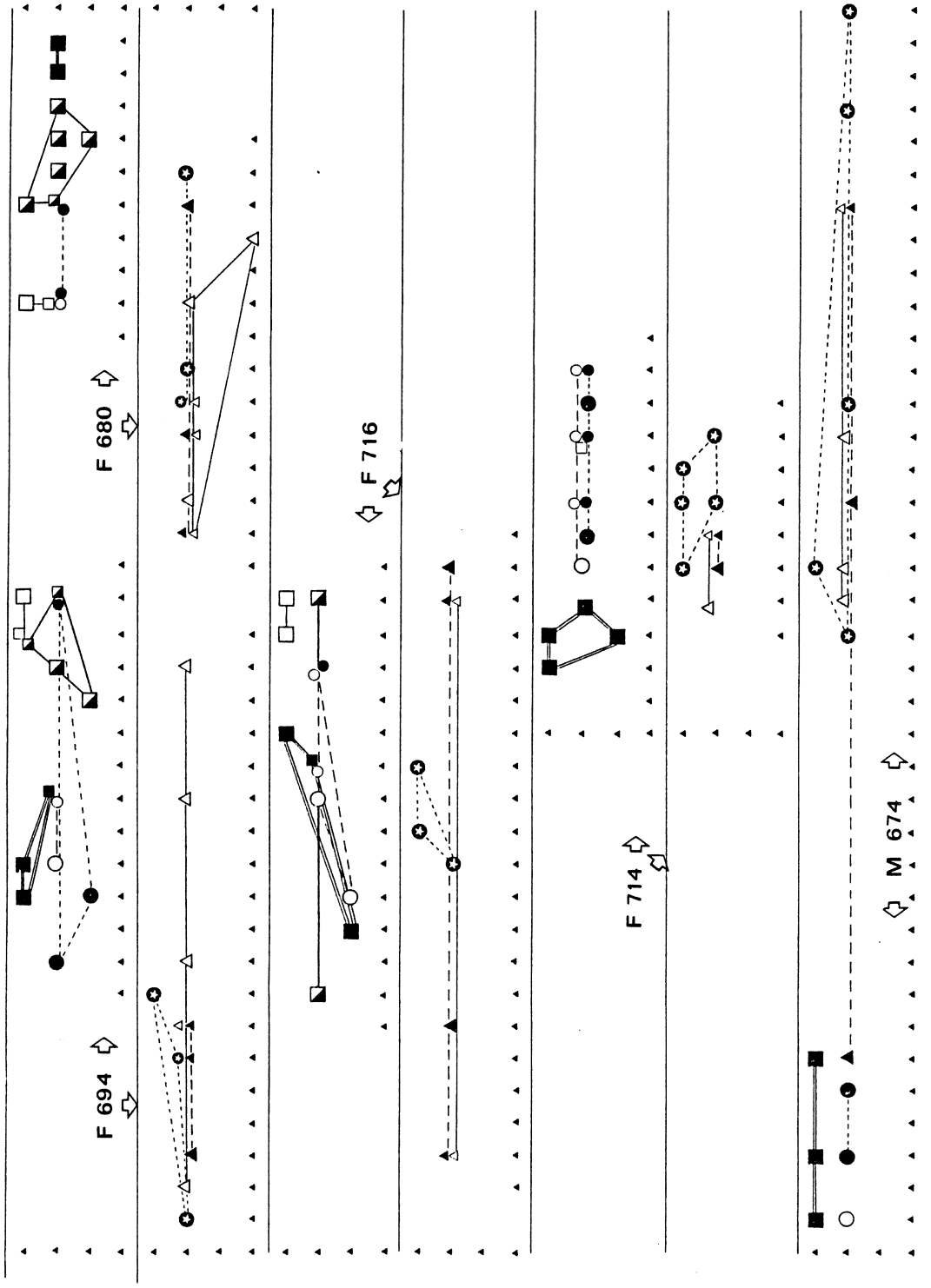


Figure 6 : Déplacements des points de capture de Campagnols des champs sur le talus nord entre août 1981 et avril-mai 1982.
Les petits triangles noirs symbolisent la grille de pièges; le droit de passage en friche est couvert par les deux lignes de pièges supérieures.

Carrés noirs	: août 1981	carrés noir/blanc	: septembre 1981
carrés blanc	: octobre 1981	cercles blancs	: décembre 1981
cercles noirs	: janvier 1982	triangles blancs	: mars 1982
triangles noirs	: avril 1982	étoile + cercle	: mai 1982

Les mouvements de 5 d'entre-eux sont représentés à la Fig.6. Les localisations d'automne sont généralement concentrées sur le droit de passage, encore intact. En décembre-janvier, et, chez les Campagnols qui survivent plus longtemps, en mars-avril, les points de captures sont dispersés sur une ligne qui longe la clôture à gibier, soit dans la bande non défrichée du droit de passage et ses abords immédiats sur le talus fauché. En mai, toutes les localisations sont regroupées sur le droit de passage, où la strate herbacée s'est reformée. Cette évolution se retrouve en 1982 pour la femelle no 957, marquée radio-activement (Fig. 5). Au cours de leur vie dans la parcelle, les femelles se sont ainsi déplacées sur des distances d'au moins 20-40 m, l'unique mâle sexuellement actif, sur 70 m et probablement plus. On notera cependant que la plus forte mobilité s'observe en mars et avril, peut-être en liaison avec la maturation sexuelle et la reprise de l'activité reproductrice.

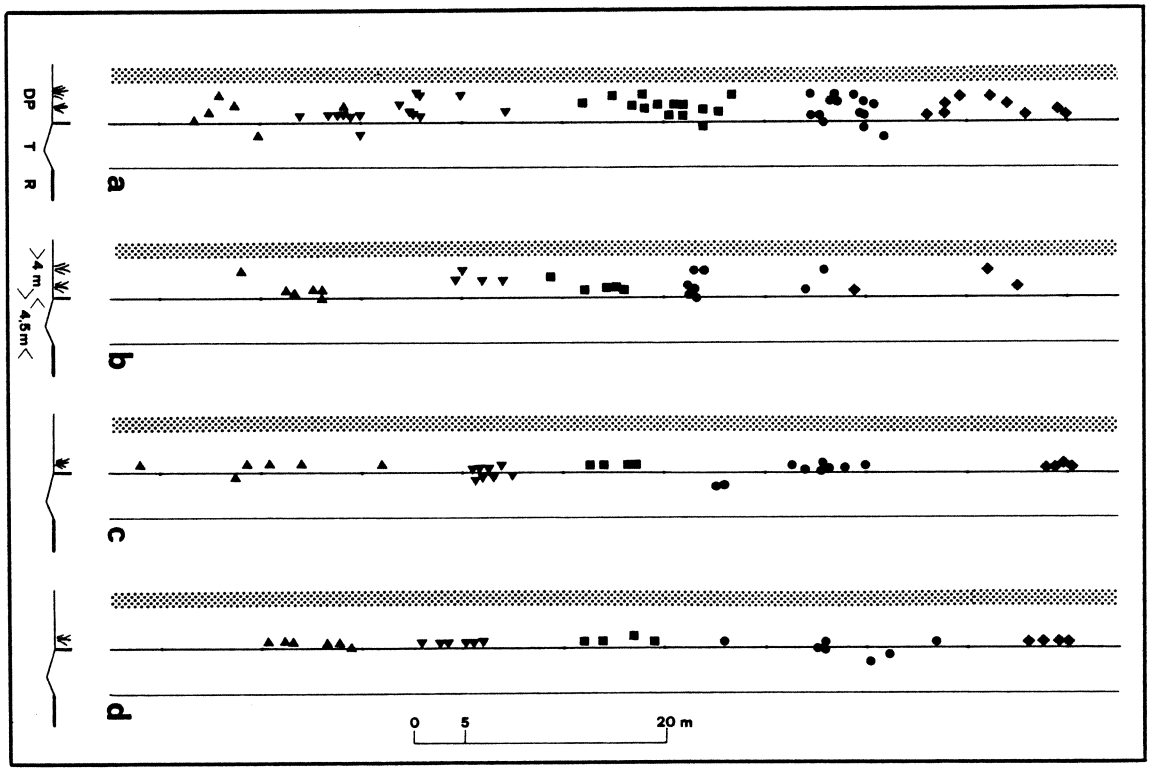


Figure 7 : Occupation du talus nord (T) et du droit de passage (DP) par les Campagnols des champs. Symboles: centres d'activité (voir texte).
a: août b: octobre c: décembre 1981 d: janvier 1982

Cette occupation spatiale différenciée, qui paraît dictée par l'intervention humaine sur le droit de passage, se retrouve à la Figure 7, où sont représentés les barycentres G de tous les Campagnols capturés en août, octobre, décembre 1981 et janvier 1982, soit avant et après la fauche du droit de passage. Les symboles différents indiquent l'appartenance des animaux à des groupes familiaux distincts.

4.4.3 Déplacements transversaux

Tous les déplacements analysés ci-dessus avaient en commun la direction de leur axe principal, toujours parallèle à la route. Les déplacements au travers d'une chaussée ont intéressé plusieurs auteurs (OXLEY et al., 1974; KOZEL & FLEHARTY, 1979; MADER & PAURITSCH, 1981), qui soupçonnaient un effet inhibiteur des pistes en dur. Cette supposition, qui s'est révélée exacte, n'a pas qu'une portée théorique. Sa signification comme exemple des effets du morcèlement du paysage par les voies de communication est importante en écologie appliquée. Mais, dans ce travail, nous étions plus intéressés par la possibilité d'une recolonisation de segments de talus ou de TPC précédemment vidés de leurs Rongeurs (par exemple à la suite de traitements rodenticides) par des animaux venant de l'autre parcelle, soit TPC dans le premier cas, talus dans le second, après avoir traversé la chaussée.

Comme nous l'avons mentionné plus haut (cf. Inventaire faunistique), le Mulot sylvestre traverse relativement facilement les 11 m de pistes goudronnées. Ce n'est pas le cas pour les Campagnols des champs. Sur les 542 animaux recensés sur les talus sud et nord, aucun n'a été retrouvé sur le TPC. Dans l'autre sens, 6 individus seulement sur les 216 capturés sur le TPC ont émigré sur les talus, curieusement toujours à la même époque, soit entre octobre et février (Fig. 8). L'explication pourrait en être la suivante. La chaussée, par l'absence de couvert végétal, inhibe normalement les déplacements (OXLEY et al., 1974). Mais les Campagnols du TPC pourraient, au cours de la mauvaise saison, être suffisamment "motivés" pour entreprendre une traversée de la chaussée, soit en raison du salage hivernal, dont l'effet reste cependant à définir, soit à

cause de l'inondation de leurs réseaux de galeries, fréquemment observée au cours de cette étude. Dans ces conditions, des Campagnols en nombre indéterminé tenteraient de "fuir" cette parcelle. Toutefois, la majorité de ces migrants seraient éliminés par le trafic (cf.MADER, 1981; Fig.21, p.62), la chaussée fonctionnant alors comme une barrière physique entre populations des talus et du TPC.

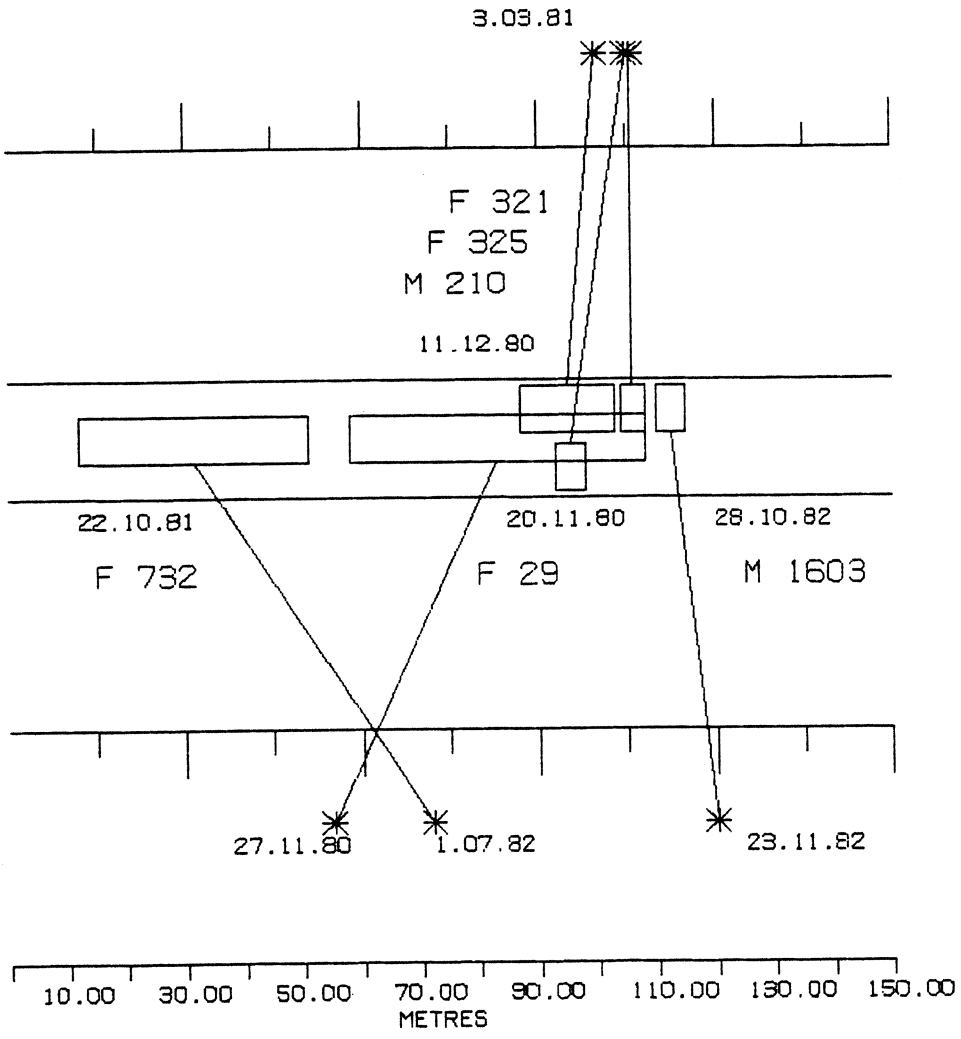


Figure 8 : Représentation schématique de tous les déplacements de Campagnols des champs observés entre terre-plein central et talus.

4.5 Résultats II: Dynamique de population

4.5.1 Effectifs

Sur le talus nord (Fig. 9 A, courbe 1), le premier recensement, au début de mars 1981, fait état de 13 Campagnols des champs. Un minimum de 5 individus est atteint en avril. Ce brusque déclin dans un intervalle d'environ 35 jours, est peut-être d'origine naturelle. Mais il pourrait aussi être la conséquence du brûlis provoqué involontairement par le service d'entretien à fin mars, et qui détruisit presque complètement la végétation derrière la clôture à gibier sur une longueur de plus de 100 m. La densité maximale, soit 60 individus, est atteinte lors du recensement de fin août, puis l'effectif décroît jusqu'à un minimum de 19 Campagnols en mars 1982. Durant l'été de 1982, la population s'accroît pour atteindre son maximum une nouvelle fois lors du piégeage de fin août, mais avec une densité deux fois plus élevée que l'année d'avant, soit 130 animaux.

Sur le talus sud (Fig. 9 A, courbe 2), la population se compose de 7 individus en mars 1981. En avril, elle atteint, avec 20 animaux, le niveau le plus élevé observé durant toute la durée de l'étude. Entre mai et juin, l'effectif diminue brutalement jusqu'à 5 individus. L'origine de ce déclin est probablement imputable à une intervention humaine, soit l'aspersion, début avril, de la bande herbeuse située derrière la clôture à gibier par un herbicide systémique dont l'effet - dessèchement de la plante - n'apparaît que 3-4 semaines plus tard. La disparition du couvert végétal et d'une importante source de nourriture, mais peut-être aussi une certaine sensibilité de *M. arvalis* à l'égard du produit, seraient à la base du déclin. Dès lors, il est possible que le minimum printanier se soit produit en mars déjà, mais nous ne pouvons le confirmer puisqu'aucun piégeage n'a été entrepris avant cette date. Après ce déclin, la population paraît se rétablir en partie, mais sans atteindre un effectif aussi élevé que sur

le talus nord, puisqu'à fin août, 16 individus seulement sont recensés. En 1982, les piégeages sont espacés, et le minimum peut être atteint en mars déjà, ou alors en avril, lorsque 2 Campagnols seulement sont capturés. Quant au maximum, il se manifeste lors du piégeage de fin août-début septembre, avec 16 animaux.

Lors des piégeages préliminaires de novembre et décembre 1980 sur le TPC (Fig. 9 B, courbe 1), une vingtaine de Campagnols des champs sont présents sur une longueur de 200 m.

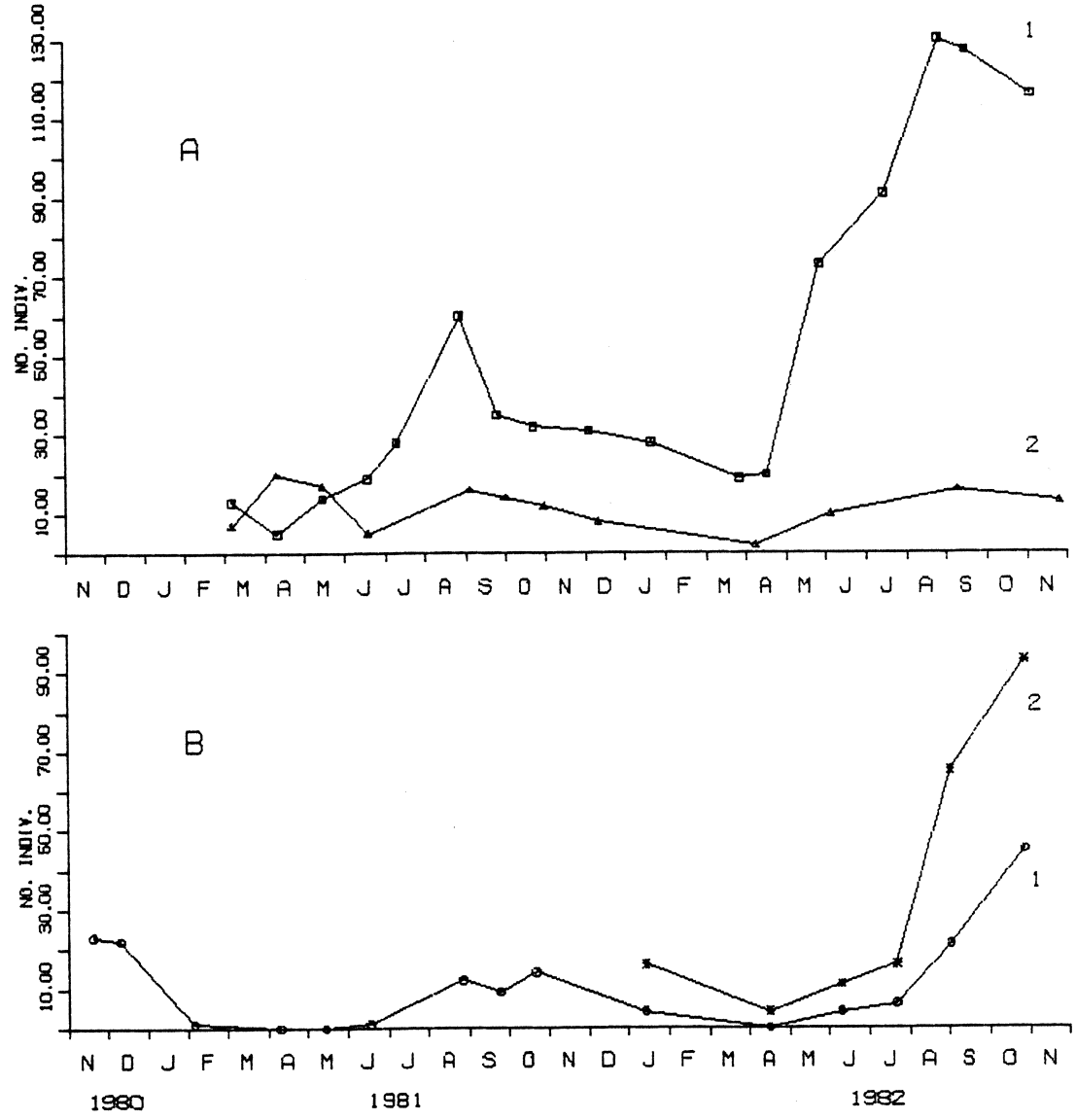


Figure 9 : Nombre minimum de Campagnols des champs vivant sur les talus entre mars 1981 et novembre 1982 (A) et sur le terre-plein central entre novembre 1980 et octobre 1982 (B).

En fin d'hiver 1980-81, toute la zone est désertée. Un début de recolonisation est remarqué lors du piégeage de juin 1981, durant lequel un seul sujet est capturé, et il faudra attendre octobre pour que la population atteigne sa densité maximale, soit 14 individus. Puis, l'effectif va décroître jusqu'à complète extinction sur le secteur médian de 200 m en avril 1982. Cette année-ci, comme en 1981, la recolonisation a déjà débuté lors du piégeage de juin et un maximum annuel de 45 animaux est probablement atteint en octobre . Si l'absence de recensements ultérieurs ne permet pas la confirmation absolue de ce fait, la proportion extrêmement faible de femelles adultes sexuellement actives (4 %) rencontrée dans ce dernier piégeage autorise à penser que le maximum annuel est bien atteint à ce moment. L'évolution de la population sur une longueur de 400 m en 1982 ne diffère guère de celle qui se produit sur 200 m (Fig. 9 B, courbe 2). Le seul changement significatif réside dans le fait que la population n'est pas éteinte en avril, bien qu'elle soit alors à son minimum avec 4 individus.

4.5.2 Taux de variation

Les variations saisonnières d'effectifs sont déterminées par la natalité et l'immigration d'une part, la mortalité et l'émigration d'autre part. Le bilan entre ces "gains" et ces "pertes" d'individus peut être représenté par le taux de variation entre deux piégeages consécutifs. Il est exprimé pour 28 jours et selon la formule

$$(N_{i+1} - N_i) / (N_i \cdot \Delta t)$$

où N_i et N_{i+1} représentent le nombre minimum d'individus vivants lors de deux piégeages successifs, et Δt l'intervalle entre les deux piégeages, calculé en mois de 28 jours. L'interpolation au temps i+28 jours est linéaire; les intervalles entre piégeages consécutifs sont en général toujours trop courts pour postuler une croissance exponentielle de la population: les individus nés dans cet intervalle n'ont pas le temps de parvenir à maturité et de participer à l'accroissement numérique durant l'intervalle considéré.

Le taux de variation sur les talus présente une similitude remarquable pour les 2 années et les 2 parcelles (Fig.10 A,B). Schématiquement, l'évolution présente un accroissement maximal au printemps, lorsque la population est multipliée par 2.5 ou plus en un mois. Il est suivi d'un ralentissement jusqu'au maximum de densité de fin d'été. Sur le talus nord, ce ralentissement est plus prononcé au cours de la deuxième année, probablement en relation avec la densité plus élevée, par le biais d'un mécanisme complexe de rétro-action. Sur le talus

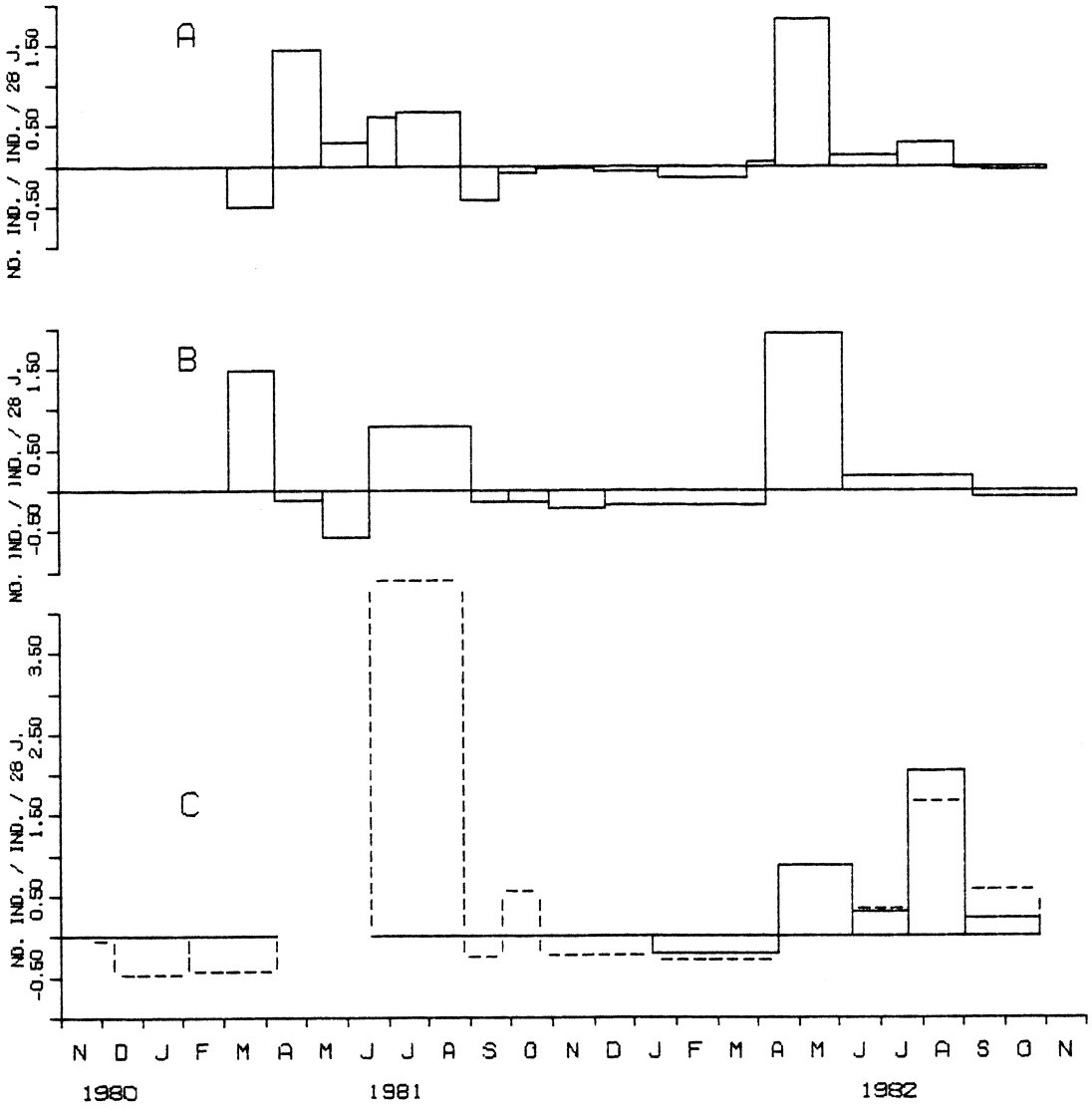


Figure 10 : Taux de variation des populations de Campagnols des champs sur le talus nord (A), le talus sud (B) et le terre-plein central (C). La hauteur des colonnes indique l'intensité du taux, exprimée en nombre d'individus par individu initial et pour 28 jours. La largeur des colonnes correspond à l'intervalle entre piégeages.

sud, le déclin "artificiel" entre mai et juin 1981 est suivi d'un accroissement plus fort que celui observé sur le talus nord à la même époque, et il est très probable que le second phénomène soit une conséquence du premier. Sur le TPC, l'accroissement maximal se produit entre juillet et août, soit bien après le minimum d'avril, pourtant synchrone avec celui des talus (Fig. 10 C). Ce décalage correspond à celui du maximum de densité et il est important dans la mesure où il multiplie par plus de 2.5 une population qui s'était déjà accrue, même plus modestement, depuis le minimum printanier.

De l'automne au printemps, l'évolution du taux de variation est beaucoup plus variable d'une population à l'autre. Sur le talus nord, le décroissement est assez fort en automne 1981 et 1982, et minimal entre décembre 1981 et janvier 1982. Sur le talus sud, le déclin est pratiquement constant jusqu'au printemps 1982. Sur le TPC, nous n'avons pu effectuer que quelques piégeages au cours de la mauvaise saison. Par ailleurs, le déclin automnal s'amorce plus tard que sur les talus. De ce fait, nous ignorons tout de l'évolution en automne 1982. Enfin, les taux calculés pour l'automne-hiver 1980-1981, s'ils peuvent servir de points de comparaison, ne peuvent pas être mis en relation avec l'évolution de la population durant l'été qui précède. Le décroissement apparaît constant durant toute la période comprise entre octobre 1981 et avril 1982, ainsi qu' entre novembre 1980 et février 1981 au moins. La diminution de la population est de l'ordre de 1/4 en moyenne après 28 jours en 1981-1982 et d'environ 1/2 en 1980-1981. Enfin, l'intensité du déclin entre janvier et mars 1982 est pratiquement identique pour la population du secteur médian et pour celle de l'ensemble de la parcelle.

L'allure générale de l'accroissement des populations au cours du printemps et de l'été peut encore être représentée en fonction de la densité initiale de printemps, soit l'effectif observé en mars/avril (Fig. 11). Dans le cas du talus sud (courbe 1), cette densité est la plus élevée de toute la durée de l'étude, et la courbe évolue donc en deçà de cette limite. En 1982, la densité initiale est très faible (2 individus) et la courbe (2) n'a qu'une valeur indicative. A son maximum, la population est 7 fois plus importante qu'en avril. Sur le

talus nord, la population est multipliée par 12 en un peu plus de 4 mois au cours de l'année 1981 (courbe 3), mais par 6 seulement en 1982 (courbe 4). Il faut cependant noter que la densité d'avril 1982 - 20 Campagnols -, est 4 fois plus élevée que celle d'avril 1981 et correspond en fait à celle que l'on observe en juin 1981. La courbe présente une tendance générale marquée par un accroissement rapide en début de saison, suivi d'un ralentissement. C'est ce que l'on observait déjà sur la

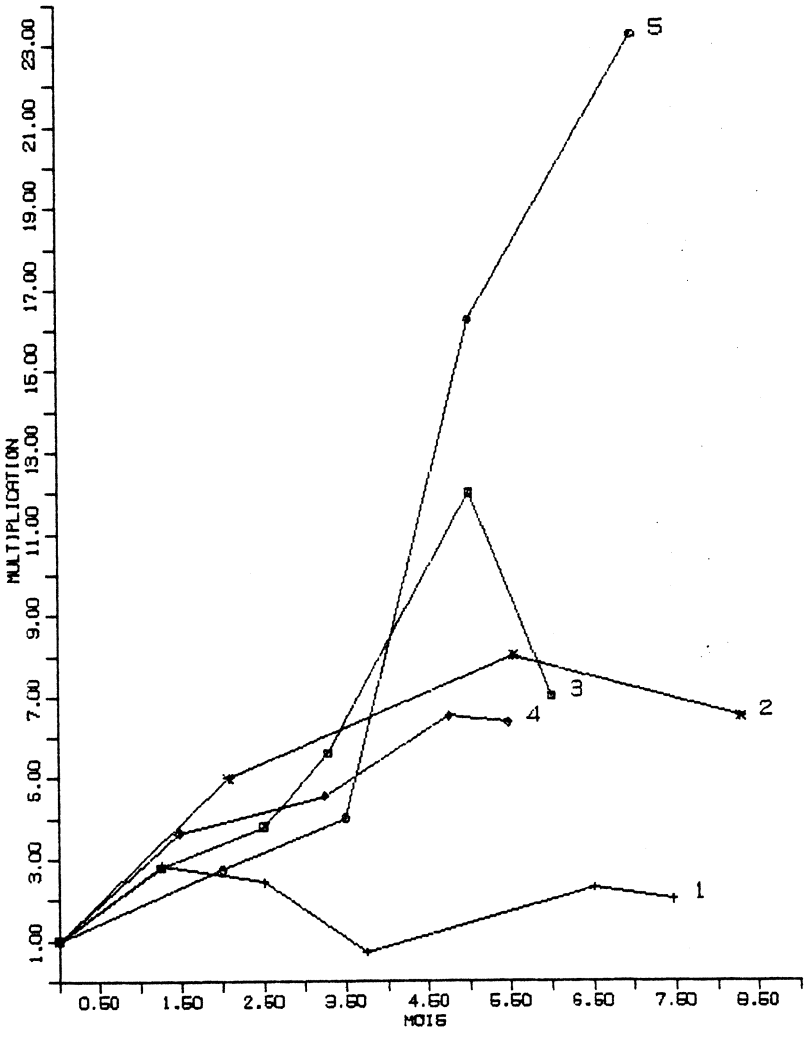


Figure 11 : Taux de multiplication des populations de Campagnols des champs entre le minimum de printemps et le maximum estival. Ce taux est exprimé en fonction de la densité minimale de mars-avril.

figure précédente. La courbe d'accroissement sur le TPC en 1981 n'a pas été représentée, puisque la parcelle n'a alors été recolonisée qu'entre juin et août. En revanche, l'évolution sur 400 m en 1982 est extrêmement intéressante (courbe 5). Au cours des 6 mois qui séparent le minimum printanier d'avril et le maximum d'octobre, la population est multipliée par 24 de manière exponentielle. Ce type d'accroissement apparaît caractéristique des populations insulaires, où l'émigration est "frustrée" (LIDICKER, 1975).

4.5.3 Le taux de survie

Le taux de survie entre deux piégeages consécutifs est communément évalué par la fraction des individus capturés en i qui sont connus comme toujours présents dans la parcelle en i+1 ($Pt=S_{i+1}/N_i$); mortalité in situ et émigration ne sont pas distinguées (KREBS & al., 1969); cette fraction est une valeur minimale, puisqu'il n'est pas garanti que tous les animaux survivant réellement dans la parcelle soient recapturés en i+1 (ou plus tard, auquel cas ils sont supposés vivants en i+1) (CHITTY & PHIPPS, 1966).

Dans cette étude, les piégeages sont espacés de manière irrégulière, et le taux de survie est interpolé après un intervalle standard de 28 jours ($\Delta t=t_{i+1}-t_i/28$) selon CHITTY & PHIPPS (1966). Le taux devient $P^* = \exp(-\mu t)$, où $\mu t= -\ln Pt/\Delta t$. Puisque Pt est minimal, P* est inférieur, ou au plus, égal au taux réel de survie P. Contrairement à ce qui se produit pour l'estimation du taux de variation, où tous les sujets capturés ne peuvent raisonnablement participer à l'effort de reproduction dans le temps relativement court entre i et i+1, notamment s'il s'agit de jeunes à peine sortis du nid, le taux de survie peut être interpolé à partir du modèle exponentiel. En effet, on peut admettre une "force de mortalité", constante entre t et t+dt, (LESLIE & al., 1953) qui affecte tous les individus, et dont la valeur est μt. Le Tableau 11 indique le nombre de Campagnols supposés vivants à la fin du piégeage i après soustraction des individus tués accidentellement (colonne 3), le nombre d'animaux survivants en i+1, y compris ceux qui n'ont pas été capturés à cette

occasion, mais plus tard (colonne 4), ainsi que le taux de survie interpolé après 28 jours (colonne 5).

Usuellement, ce dernier est considéré comme faible si la moitié des N_i individus a disparu après 1 mois ou moins (CHITTY & PHIPPS, 1966; KREBS & al., 1969), soit lorsque P*<=0.500. Afin de définir la signification de la valeur unique observée entre deux piégeages consécutifs, nous avons calculé la limite supérieure du pourcentage Pt pour un seuil de probabilité de 95 % d'après la formule :

$$Pt_{sup} = (A - B) + \{B(2 - (A - B) - A)\}^{1/2}$$
où $A = \{(x+1)+(c^2/4)\} / (N - 1)$
et $B = (c^2/2) \{(x+1) / (N+1)^2\}$
avec $x/N = Pt$ et $c(\alpha) = 1.6449$ $(\alpha = 95\%)$

Le pourcentage observé de survivants Pt est une valeur minimale et c'est la raison pour laquelle nous ne considérons que sa limite supérieure (colonne 6). Si l'on fixe arbitrairement un taux de survie après 28 jours de P**=0.63, pour lequel la moitié des N_i individus a disparu après 1.5 mois, et de P***=0.80, pour lequel la moitié des N_i individus a disparu après 3 mois, le pourcentage attendu de survivants en i+1 est respectivement de Pt** et Pt*** (colonne 7). Le taux de survie P* sera dès lors considéré comme

- faible : si Pt_{sup} < Pt** (P**=0.63)
- élevé : si Pt_{sup} => Pt*** (P***=0.80)
- modéré : si Pt** <= Pt_{sup} < Pt***

En accord avec ces catégories, le taux de survie sur le talus nord est faible entre les piégeages de mars et avril 1981, lors du déclin de population, naturel ou provoqué, qui amène au minimum d'avril. Entre avril et mai, P* n'est pas significativement différent de 0.80, puis, jusqu'au piégeage de septembre, il peut être considéré comme modéré, avec une valeur maximale entre juin et juillet. Durant l'automne et l'hiver 1981-1982, le taux de survie est élevé, avec une valeur record entre décembre 1981 et janvier 1982. Cette tendance persiste au cours du printemps de la seconde année, jusqu'au piégeage de juin. Dès lors, et jusqu'en septembre, la survie sera faible. Il y a deux explications possibles, qui ne s'excluent d'ailleurs pas. Compte tenu de la forte densité de Campagnols

dès juillet 1982, le nombre de trappes disponibles devient insuffisant pour garantir la recapture des individus survivants dans une proportion voisine des précédents piégeages: le faible de taux de survie est alors un artefact dû à la méthode. Mais il peut aussi bien être le reflet d'une émigration particulièrement importante pendant la phase d'accroissement de la population, mise en évidence entre autres par MYERS & KREBS (1971) chez *M. pennsylvanicus* et *M. ochrogaster*, ainsi que par KREBS & al. (1976) chez *M. townsendii*.

DATE (piégeage i)	Δt (mois)	VIVANTS en i	SURVIV. en i+1	P*	Pt	Pt(sup)	Pt**	Pt***
1	2	3	4	5	6		7	
A) T A L U S N O R D								
03-06.03.1981	1.25	13	3	.31	.23	.50	.56	.76
08-10.04.1981	1.25	5	2	.48	.40	.82	.56	.76
13-15.05.1981	1.25	14	5	.44	.36	.61	.56	.76
16-19.06.1981	0.75	19	14	.67	.74	.89	.71	.85
07-10.07.1981	1.75	26	10	.57	.38	.57	.45	.68
25-27.08.1981	1.00	59	33	.56	.56	.67	.63	.80
21-24.09.1981	1.00	35	28	.80	.80	.90	.63	.80
20-22.10.1981	1.50	32	24	.83	.75	.87	.50	.72
02-04.12.1981	1.75	31	27	.92	.87	.95	.45	.68
18-21.01.1982	2.25	28	17	.80	.61	.76	.35	.61
23-26.03.1982	0.75	19	14	.67	.74	.89	.71	.85
14-16.04.1982	1.50	20	12	.71	.60	.78	.50	.72
25-27.05.1982	1.75	64	21	.53	.33	.44	.45	.68
13-15.07.1982	1.50	90	30	.48	.33	.42	.50	.72
24-26.08.1982	0.75	128	60	.36	.46	.55	.71	.85
13-16.09.1982	1.75	127	56	.63	.44	.52	.45	.68
01-04.11.1982	----	77	--	.--	.--	.--	.--	.--
B) T A L U S S U D								
04-06.03.1981	1.25	7	5	.76	.71	.95	.56	.76
07-10.04.1981	1.25	17	6	.44	.35	.58	.56	.76
13-15.05.1981	1.25	16	3	.26	.19	.42	.56	.76
16-19.06.1981	2.75	4	1	.60	.25	.76	.28	.54
31.08-04.09.1981	1.00	16	13	.80	.81	.95	.63	.80
28-30.09.1981	1.00	14	10	.72	.71	.90	.63	.80
27-30.10.1981	1.50	12	8	.77	.67	.88	.50	.72
08-11.12.1981	4.25	8	1	.61	.13	.48	.14	.39
06-08.04.1982	2.00	2	0	(.00)	.00	.80	.40	.64
01-04.06.1982	3.50	10	1	.52	.10	.41	.20	.46
07-09.09.1982	2.75	14	5	.69	.36	.61	.28	.54
23-25.11.1982	----	13	--	.--	.--	.--	.--	.--

DATE (piégeage i)	Δt (mois)	VIVANTS en i	SURVIV. en i+1	P*	Pt	Pt(sup)	P**	P***
1	2	3	4	5	6		7	
C) T E R R E - P L E I N C E N T R A L 2 0 0 m								
18-20.11.1980	0.75	23	16	.62	.70	.85	.71	.85
09-11.12.1980	2.00	22	0	(.00)	.00	.14	.40	.64
02-05.02.1981	2.25	1	0	.--	.--	.--	.--	.--
07-10.04.1981	1.25	0	--	.--	.--	.--	.--	.--
13-15.05.1981	1.25	0	--	.--	.--	.--	.--	.--
16-18.06.1981	2.50	1	1	.--	.--	.--	.--	.--
25-27.08.1981	1.00	9	7	.78	.78	.96	.63	.80
22-24.09.1981	1.00	9	7	.78	.78	.96	.63	.80
20-22.10.1981	3.00	14	1	.42	.07	.31	.25	.51
12-14.01.1982	3.25	4	0	(.00)	.00	.55	.22	.48
14-16.04.1982	2.00	0	--	.--	.--	.--	.--	.--
08-10.06.1982	1.50	4	2	.63	.50	.91	.50	.72
20-22.07.1982	1.50	6	4	.76	.67	.94	.50	.72
31.08-02.09.1982	2.00	21	11	.72	.52	.71	.40	.64
26-28.10.1982	----	45	--	.--	.--	.--	.--	.--
4 0 0 m								
12-14.01.1982	3.25	16	4	.66	.25	.49	.22	.48
14-16.04.1982	2.00	4	3	.86	.75	.99	.40	.64
08-10.06.1982	1.50	11	5	.59	.46	.73	.50	.72
20-22.07.1982	1.50	16	13	.87	.81	.95	.50	.72
31.08-02.09.1982	2.00	65	26	.63	.40	.51	.40	.64
26-28.10.1982	----	93	--	.--	.--	.--	.--	.--

Tableau 11 : Valeurs du taux de survie (voir explications dans le texte).

Sur le talus sud, la survie est d'abord élevée entre mars et avril 1981, en opposition avec la valeur observée sur le talus nord pour la même période. Puis elle diminue fortement entre avril et juin, en particulier au moment du décroissement brutal de population. Par la suite, la survie apparaît relativement bonne, excepté entre juin et début septembre 1982, lorsque le taux est significativement inférieur à 0.80. Bien que moins marquée, cette tendance est donc similaire à celle que l'on observe sur le talus nord.

Le taux de survie sur le secteur médian du TPC est au plus modéré entre novembre et décembre 1980 et entre octobre 1981 et janvier 1982. Le fait qu'il n'y ait aucun Campagnol marqué en décembre 1980 parmi les individus capturés en février 1981 ne s'explique que par un taux de survie plus faible que celui

observé entre novembre et décembre: une valeur de P*=0.62 signifierait la présence de 8 individus en février. En revanche, l'absence d'individus de janvier 1982 parmi les 4 sujets capturés en avril n'indique pas un taux de survie significativement inférieur à 0.80, bien qu'avec un tel taux, 2 animaux devraient survivre en avril. Lorsqu'il est mesuré pour l'ensemble de la parcelle (400 m), le taux de survie entre janvier et avril 1982 apparaît probablement modéré, la limite supérieure du pourcentage observé atteignant à peine Pt***. Ce taux, soit P*=0.66, appliqué à la "subpopulation" du secteur médian, donnerait comme valeur attendue un seul survivant en avril. Au cours de l'été 1982, la survie est nettement élevée entre juillet et fin août, mais modérée entre fin août et octobre. Pour le reste, les taux de survie enregistrés sur 200 m et 400 m n'apparaissent pas différents de 0.80; cette absence de signification résulte en grande partie des nombres limités de captures.

4.5.4 Structure de population et reproduction

La structure de population comprend le pourcentage de femelles, permettant d'en déduire la sex-ratio, et le diagramme de répartition des Campagnols en fonction de leur poids. Ce dernier paramètre n'est que très partiellement corrélé avec l'âge, mais il reste le seul moyen pour distinguer juvéniles et adultes sur le terrain.

La Figure 12 montre l'évolution du pourcentage de femelles pour les 3 populations. La valeur théorique est de 50% de mâles et 50% de femelles, soit une sex-ratio de 1:1. Sur le talus nord (A), ce rapport ne diffère pas significativement de la valeur théorique durant toute l'année 1981; en revanche, les femelles prédominent de manière significative ($0.05 \geq p \geq 0.01$ suivant les piégeages) entre mars et juillet 1982, soit pendant la phase de croissance de la population. Sur le talus sud (B), la sex-ratio ne diffère jamais significativement du rapport 1:1, mais le petit nombre d'individus présents dans cette parcelle a comme conséquence une certaine imprécision des résultats. Ceci est vrai également pour la population du TPC (C) en 1980 et 1981. En 1982,

nous avons tenu compte de l'ensemble des Campagnols vivant sur 400 m. Une dissymétrie en faveur des femelles ($p<0.05$) apparaît en août et en octobre.

Les relations de cause à effet entre la modification de la sex-ratio et l'évolution de la densité des Campagnols sont apparemment complexes et encore mal connues (MYERS & KREBS, 1970). Dans cette étude, la dissymétrie observée est très probablement due aux densités élevées en 1982 sur le talus nord et le TPC, et reflète la compétition intraspécifique accrue chez les mâles, conduisant soit à une élimination (FRANK, 1954), soit à une émigration (MYLLYMAEKI, 1977).

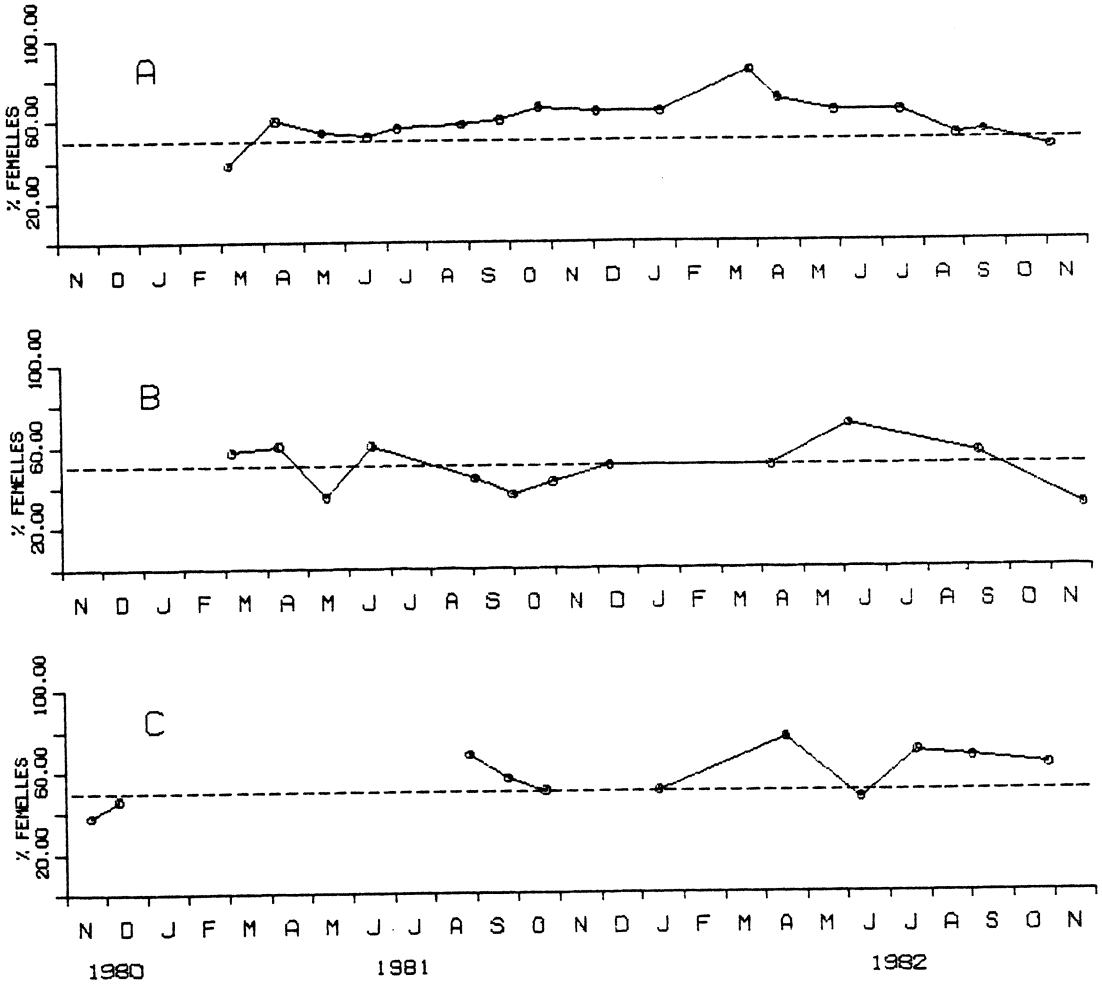


Figure 12 : Pourcentage de femelles observé au cours des différents piégeages sur le talus nord (A), le talus sud (B) et le terre-plein central (C).

La distribution des Campagnols suivant leur poids et leur état sexuel est représentée à la Figure 13, en haut pour le talus nord, en bas pour le TPC en 1982. Les données relatives à cette parcelle pour 1980 et 1981, ainsi que celles du talus sud pour 1982, n'ont pas été reproduites en raison du petit nombre d'individus capturés.

Au printemps, la distribution des poids est relativement concentrée autour d'une valeur médiane élevée, comprise entre 20 et 30 g chez les mâles. La quasi totalité des individus sont sexuellement actifs. Au cours de l'été et jusqu'en août, la distribution des poids est très étalée, en raison de la présence simultanée d'individus lourds - mâles de 20 à 40 g - presque tous sexuellement actifs, et d'individus légers - mâles de 5 à 18 g - qui ne participent pas à la reproduction. Entre novembre et janvier, les poids sont regroupés - aussi bien chez les mâles que chez les femelles - entre une limite inférieure de 14-15 g et une limite supérieure de 22 g. Il s'agit, à une ou deux exceptions près, d'individus sexuellement inactifs. Cette évolution de la répartition des poids au cours de l'année est assez exactement celle décrite par MARTINET & SPITZ (1971) et par REICHSTEIN (1964). Elle correspond à l'existence d'au moins deux groupes de Campagnols. Le premier est composé de sujets nés en début de saison (mars-mai), qui grandissent rapidement et atteignent des poids élevés en été, se reproduisent durant cette période, puis disparaissent avant l'automne. Le second est constitué par des animaux qui naissent en été et en automne, dont la croissance corporelle, plus lente, est stoppée durant l'hiver; ce n'est qu'au printemps suivant que ces Campagnols atteindront des poids importants, en même temps qu'ils acquéreront leur maturité sexuelle.

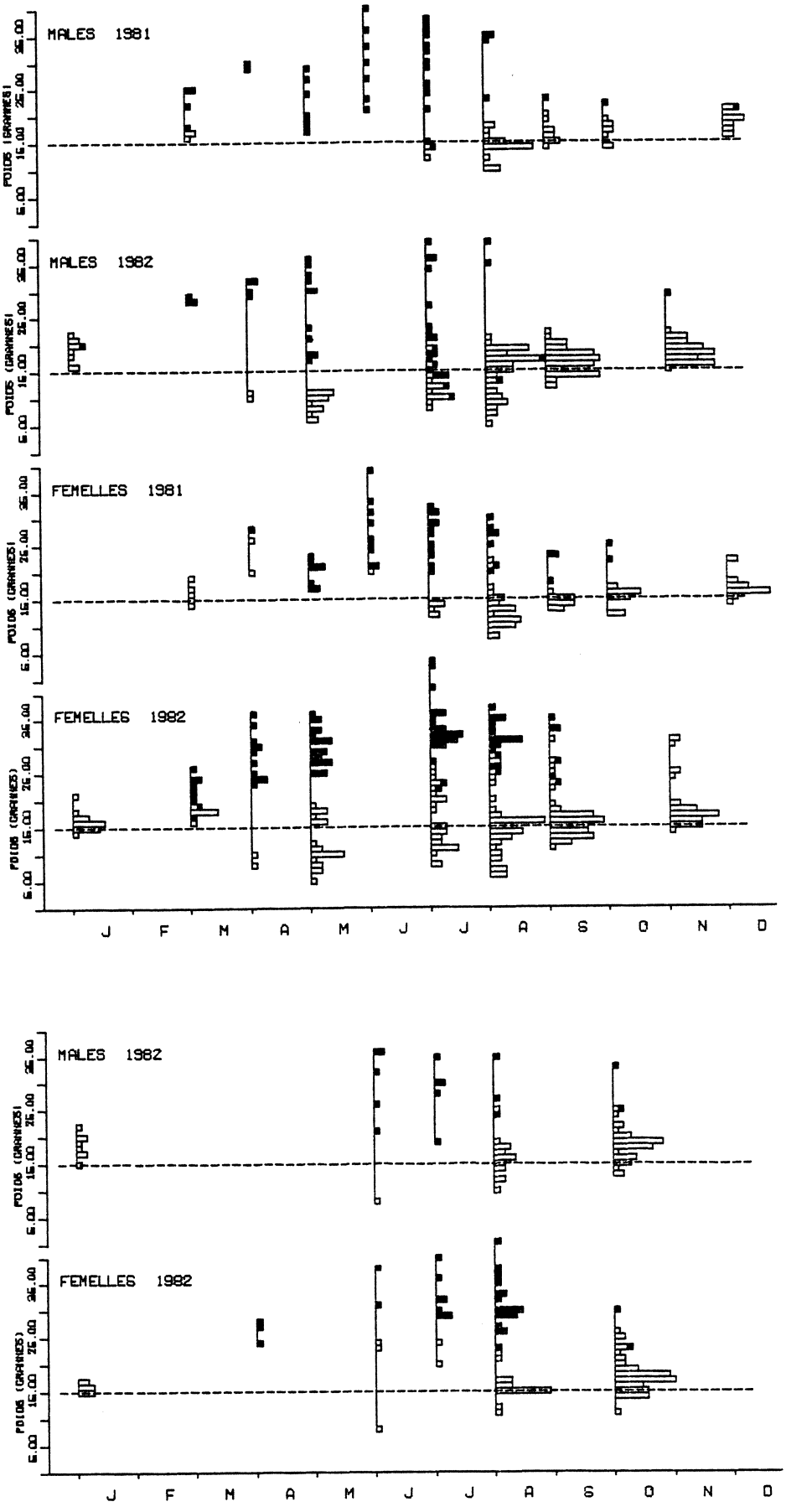


Figure 13 : Distribution des poids des Campagnols du talus nord (en haut) et du terre-plein central (en bas). Les animaux sexuellement actifs sont représentés en noir.

La période de reproduction et son intensité ont été définies par la présence et le pourcentage de femelles de plus de 15 g en gestation ou/et en lactation (Fig. 14).

D'une manière générale, la reproduction débute en mars sur les trois parcelles et se termine en octobre ou novembre, peut-être un peu plus tôt sur le talus nord en 1982. Aucune reproduction hivernale, occasionnelle chez les Campagnols (FRANK, 1964; MEYLAN & AIROLDI, 1975), n'a été observée, bien que l'important couvert végétal du talus nord ait constitué un élément favorable à un tel phénomène. Sur cette parcelle, l'intensité de la reproduction atteint son maximum (Fig. 14) significativement plus tôt en 1982 qu'en 1981, mais son déclin est également plus précoce, et doit de nouveau être mis en relation avec la très forte densité enregistrée à cette période. Sur le TPC, la reproduction de 1982 débute en même temps que sur le talus nord, mais se poursuit encore faiblement en octobre, alors qu'elle apparaît terminée à fin septembre sur le talus nord.

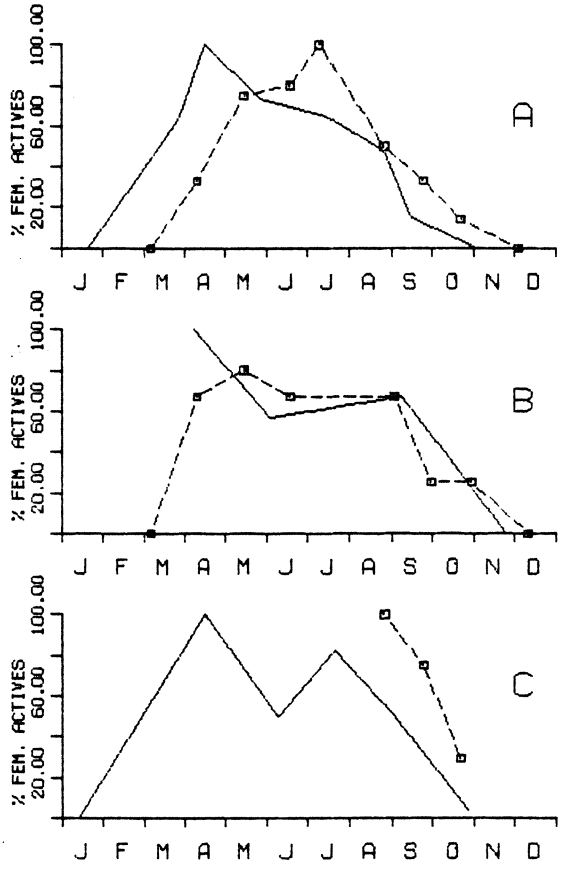


Figure 14 : Pourcentage de femelles de plus de 15 grammes en condition de reproduction sur le talus nord (A), le talus sud (B) et le terre-plein central (C).
Pointillés : 1981 Trait plein : 1982

4.6 Conclusions

Le marquage radio-actif, destiné à évaluer le domaine individuel des Campagnols des champs, et le piégeage par capture-marquage-recapture (CMR), utilisé essentiellement pour étudier la dynamique de population, ont été affectés dans leur rigueur par les conditions de travail difficiles sur une autoroute aussi fréquentée que la N1 Genève-Lausanne. Aussi les résultats réunis entre mars 1981 et novembre 1982 sur un segment de cette autoroute situé entre Bursins et Rolle (Km. 43.2) n'ont-ils pas toujours la précision voulue pour que les relations causales de certaines observations puissent être expliquées avec certitude.

Dans l'ensemble, ce travail a toutefois permis de reconnaître certains éléments de la stratégie d'occupation des bords de routes par le Campagnol des champs. Nous pensons que certains de ces résultats, même s'ils ont été obtenus par une étude locale, peuvent être généralisés aux populations de ce Rongeur occupant l'emprise des routes et autoroutes de basse et moyenne altitude de Suisse. Il ne fait pas de doute que ces observations peuvent être valables également pour les populations du Campagnol agreste vivant dans les mêmes milieux (voir "Inventaire faunistique"). Trois éléments retiennent l'attention:

- l'importance des zones non fauchées, à strate herbacée dense, pour l'existence et le maintien de populations de Campagnols des champs;

- le statut insulaire des populations de Campagnols sur le terre-plein central;

- la mobilité différente des animaux suivant la saison.

BIRNEY et al. (1976) ont montré l'importance d'un couvert végétal dense pour la formation de hautes densités chez certains Campagnols américains. L'enchaînement exact des causes et des effets reste encore sujet à hypothèses. Toutefois, on

admet que deux éléments sont impliqués, à savoir l'effet protecteur contre les prédateurs et les conditions micro-climatiques défavorables, ainsi que l'abondance de nourriture. Ces deux points peuvent être considérés comme deux dimensions importantes de la capacité de soutien écologique du milieu ("carrying capacity").

Sur le talus nord, nous avons pu observer l'occupation préférentielle du droit de passage non fauché par tous les individus, au moins pour ce qui est des déplacements en surface. Par ailleurs, la densité locale brute, définie comme le rapport du nombre de Campagnols présents sur la surface couverte par les pièges, et extrapolé à l'hectare, dénote une capacité de soutien considérable en fin d'été, avec 750 ind./ha en 1981 et 1600 ind./ha en 1982. Il n'est pas impossible que l'accroissement de densité au cours de la deuxième année soit liée à une augmentation de la production végétale, et ainsi à un accroissement de la capacité de soutien. Faute de temps, la production primaire n'a pu être mesurée dans cette étude, mais les responsables du service d'entretien ont remarqué, lors de la tonte mécanique régulière des talus, le rythme de croissance particulièrement rapide du gazon durant l'été chaud et relativement humide de 1982.

Les observations réalisées sur le talus sud supportent la même interprétation. La destruction de la bande herbeuse derrière la clôture à gibier au printemps 1981 est suivie d'une chute de densité des Campagnols, après un délai équivalent au temps visible d'action de l'herbicide systémique utilisé. Par la suite, l'occupation de cette parcelle - qui n'a pas été présentée ici - par 2 à 16 Campagnol, se limite à des îlots d'herbe dense parsemés de jeunes plants d'*Hippophae rhamnoides*, et qui s'intercalent entre des fourrés plus importants de cette même essence. La structure de cette parcelle se reflète dans une capacité de soutien faible, la densité locale brute atteinte en fin d'été n'excédant pas 200 ind./ha.

Le statut d'insularité des populations de Campagnols des champs sur le TPC est admis sur la base de preuves indirectes. Seules des analyses biochimiques comparatives dans le sens des travaux de DOBROWOLSKA (1981) ou BOWEN (1982) pourraient

fournir une quantification de cet isolement. Ces preuves indirectes sont:

- la quasi-absence d'observations concernant des échanges d'individus entre talus et TPC, ceci même avec un dispositif d'investigation (densité des pièges, position respective des parcelles) qui devait permettre de telles observations. L'effet inhibiteur des chaussées sur les déplacements des petits mammifères a été suffisamment mis en évidence par OXLEY et al. (1974), KOZEL & FLEHARTY (1979) ou MADER & PAURITSCH (1981). Un effet de barrière physique, soit une élimination par le trafic des animaux qui tentent la traversée, est suggérée par MADER (1981: Fig. 21). Les observations occasionnelles que nous avons faites vont dans le même sens.

- la forme exponentielle de l'accroissement des effectifs entre le printemps et l'automne 1982, et qui, d'après la théorie de LIDICKER (1975), apparaît comme la résultante d'une émigration frustrée.

La stratégie d'occupation de cette parcelle peut être expliquée de la manière suivante. Les Campagnols qui constituent le stock initial de printemps sont dispersés en petits groupes de 2-4 individus, qui sont séparés par des zones vacantes de 200 m et plus. Les sujets des premières générations de l'année sont connus pour avoir une croissance et surtout une maturation sexuelle rapides (MARTINET & SPITZ, 1971), phénomène que l'on constate chez les Campagnols "dispersants" (BEACHAM, 1980). Les motivations de dispersion pourraient être maximales à cette époque (MYLLYMAEKI, 1977), et les zones vacantes, encore vides, fonctionnent comme "siphons de dispersion" ("dispersal sinks", BEACHAM, 1980). La grande mobilité des Campagnols marqués radio-activement en juin-juillet 1982, qui sont, à une exception près, de nouveaux individus sexuellement actifs, peut être considérée comme un indice de ce phénomène de recolonisation des zones vacantes en début d'été. A la fin de celui-ci et en automne, les sujets issus de ces colonisateurs ne semblent plus montrer de mobilité importante, si l'on en juge par les Campagnols marqués en septembre/octobre. Ceux-ci sont par ailleurs tous sexuellement

inactifs. La diminution de la mobilité peut, en 1982, être liée au fait que la parcelle est colonisée presqu'uniformément, les résidants entravant alors le passage d'éventuels émigrants (HESTBECK, 1982). Le résultat est alors un accroissement très rapide de la densité locale, qui atteint ici une valeur d'environ 560 ind./ha.

Le déclin hivernal, qui ramène la population à une distribution printanière en petits îlots résiduels, est plus difficile à expliquer. Les taux de survie entre piégeages consécutifs sont un peu moins élevés que ceux observés sur les talus, mais la différence n'est pas statistiquement significative. Il est possible que cette absence de signification soit simplement due aux effectifs très faibles sur lesquels sont basés les pourcentages de survivants, et qui ont pour corollaire une variance relative importante. Pourtant, la disparition des individus pourrait être particulièrement marquée certains hivers, lorsque les conditions micro-climatiques habituellement peu favorables (faible couvert végétal) deviennent plus dramatiques: neige salée qui, en fondant, envahit les réseaux de galeries, et gèle au cours de la nuit. Une telle situation a en tout cas été observée en hiver 1980-81, et l'on sait que des inondations passagères des galeries peuvent avoir une incidence sur la densité de certaines espèces de Campagnols (FRANK, 1954; LEDUC & KREBS,1975). Les quelques déplacements d'animaux vers les talus pourraient être une réponse à cette situation, soit un mouvement de fuite dont la motivation est plus forte que l'effet inhibiteur de la chaussée. Nous ignorons bien sûr si la majorité des Campagnols tente le déplacement et quelle fraction en est éliminée par le trafic, ou alors si les animaux restent sur le TPC et y meurent. Les îlots résiduels de printemps pourraient être localisés à des emplacements plus favorables, mais nous n'en connaissons pas les caractéristiques.

Sur le TPC, la mobilité importante des Campagnols observée en début d'été a été associée à la recolonisation des zones vacantes par une émigration de présaturation (LIDICKER, 1975) surtout de la part des subadultes nés au printemps. On pouvait se demander si un phénomène similaire se produisait sur les talus. L'observation des Campagnols recapturés régulièrement

sur le talus nord entre août 1981 et mars, voire mai, 1982, montre que leur mobilité est accrue en mars/avril ou avril/mai, parallèlement à leur maturation sexuelle. Mais il s'agit là d'hivernants nés l'année précédente. Les Campagnols nés en mai par exemple disparaissent très rapidement de la parcelle. Or, MARTINET & SPITZ (1971), en étudiant la structure d'âge du Campagnol des champs, ont montré que les individus des premières générations avaient, au cours des 2-3 premiers mois, une chance de survie nettement supérieure à celle des Campagnols nés plus tard. Cette apparente contradiction avec nos obserations suggère en fait que la disparition de la parcelle est avant tout due à une émigration de présaturation plutôt qu'à une mortalité in situ.

5. MORTALITE DES RAPACES LE LONG D'UNE AUTOROUTE

5.1 Introduction

Afin de lutter contre les petits Rongeurs, les responsables de certains centres d'entretien, peu enclins à utiliser des produits rodenticides, ont opté pour une méthode plus "biologique": ils ont tenté d'attirer des oiseaux de proies le long de certains tronçons d'autoroutes particulièrement envahis par les Campagnols. Ce dispositif, recommandé depuis longtemps en agriculture (GROSBOIS, 1904), exerce un attrait certain sur les rapaces, ainsi que l'ont montré HALL et al. (1981). Toutefois, la route est une importante cause de mortalité pour la faune sauvage, ainsi qu'en témoignent de très nombreuses publications (entre autres BERGMANN, 1974; HEINRICH, 1978). Aussi, la VSS a-t-elle mis en doute l'opportunité de cautionner une méthode de lutte contre les petits Rongeurs qui, bien que louable puisqu'elle renonce à la lutte chimique au profit d'une lutte biologique, risque cependant d'augmenter la proportion de Rapaces tués par le trafic automobile.

D'un point de vue appliqué, le problème comporte deux aspects:

- la prédation exercée par les Rapaces est-elle efficace, ou, en d'autre termes, suffit-elle à contrôler les populations de petits Rongeurs?

- la mortalité des Rapaces due au trafic est-elle importante et peut-on raisonnablement augmenter l'attractivité des talus d'autoroutes en y installant des perchoirs?

Le premier point n'a pas fait l'objet d'une étude de terrain, beaucoup trop complexe et trop longue, d'autant plus que les relations prédateurs-proies ont déjà été abordées par plusieurs auteurs (e. a. BLONDEL, 1967; RYSZKOWSKI et al, 1973). Nous n'avons fait que nous référer à ces travaux. En revanche, le second aspect a été étudié plus en détail. La prise de position qui nous avait été demandée par la Commission 10 de la VSS début 1980 sur ce sujet a fait l'objet d'un rapport (3), puis d'une note (BOURQUIN, 1982). Enfin, une analyse plus détaillée, destinée à comprendre quand, comment et pourquoi les Rapaces sont victimes du trafic, a été publiée (BOURQUIN, 1983). Les résultats de cette dernière analyse sont résumés ci-dessous, alors que le problème de l'efficacité de la prédation sera brièvement évoqué dans les conclusions générales.

5.2 Matériel et zone d'étude

Depuis l'ouverture de la N1 Genève-Lausanne en 1964, le Centre d'entretien de l'autoroute à Bursins VD récolte tous les animaux tués lors d'une collision avec un véhicule. Chaque cas fait l'objet d'un rapport; ceux-ci ont été centralisés par Monsieur S. Müller, Ing. dipl. EPFZ, à l'EPFL, puis par Mon- G. Berthoud, d'ECONAT.

La présente étude se base sur les rapports relatifs aux Rapaces tués entre 1964 et 1981, soit pendant 17 ans, et qui ont été gracieusement mis à notre disposition par MM. Müller et Berthoud. Chaque relevé comporte le nom d'espèce de l'oiseau écrasé, déterminé par le personnel du Centre, la date à laquelle l'animal a été trouvé, ainsi que sa localisation, définie en fonction du kilométrage de l'autoroute.

La portion de la N1 prise en considération débute à la frontière des cantons de Genève et de Vaud (Km. 21.000) et se termine à la jonction de Morges-Ouest (Km. 57.900), ce qui représente une longueur totale de 36.9 km. Le long des 8 premiers kilomètres (21-29), l'autoroute est bordée essentiellement de forêts entrecoupées de champs, prés ou prairies. Sur

les 14 km suivants (29-43), le milieu dominant est constitué de terres ouvertes avec quelques petits bois. Le dernier tronçon de 15 km (43-58) traverse des cultures fruitières, soit vergers ou vignes, entrecoupées de terres ouvertes et de petits masifs boisés.

5.3 Résultats et conclusions

En 17 ans, 223 Rapaces ont été retrouvés sur le segment considéré, victimes du trafic automobile (Tab. 12), ce qui représente en moyenne 35 individus tués chaque année sur 100 km d'autoroutes. MAERKI (1977), qui a entrepris une étude du même type sur la N1 Bern-Kriegstetten (27 km) pour une période de 7 ans, trouve un indice près de 5 fois plus élevé, soit 173 Rapaces tués annuellement par 100 km d'autoroutes.

D I U R N E S			N O C T U R N E S		
ESPECES	NOMBRES	%	ESPECES	NOMBRES	%
Buse variable *Buteo buteo*	118	82.5	Chouette effraie *Tyto alba*	44	55.0
Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*	12	8.4	Chouette hulotte *Strix aluco*	12	15.0
Epervier d'Europe *Accipiter nisus*	10	7.0	Hibou moyen-duc *Asio otus*	12	15.0
Milan noir *Milvus migrans*	3	2.1	Autres Nocturnes (indéterminés)	12	15.0
T o t a l	143	100.0	T o t a l	88	100.0
	64.1 %			35.9 %	
Indice d'accidents N ind./100 km/an	22.8+/-5.1		Indice d'accidents N ind./100 km/an	12.4+/-2.2	
TOTAL	223				
INDICE D'ACCIDENTS	35.2 +/- 6.4				

Tableau 12 : Rapaces diurnes et nocturnes tués sur un tronçon de 36.9 km de l'autoroute Genève-Lausanne entre 1964 et 1981.

La liste d'espèces mentionnées dans le Tableau 12 met en évidence la prédominance de la Buse variable, *Buteo buteo*, chez les Rapaces diurnes,où elle représente plus des 3/4 des cas, et celle de la Chouette effraie, *Tyto alba*, chez les Nocturnes, avec plus de la moitié des cas. Sur la N1 Berne-Kriegstetten, les Nocturnes apparaissent plus nombreux, soit 51 % contre seulement 36 % dans cette étude. En Alsace, les Rapaces écrasés retrouvés par BAYLE (1980) au voisinage de la ville de Sélestat comprennent les mêmes espèces que dans la région bernoise et sur la N1 Genève- Lausanne. En fait, presque toutes ces espèces ont un régime alimentaire de base constitué par des petits mammifères, en particulier par le Campagnol des champs (GOSZCZYNSKI, 1977).

En fait, la présence d'oiseaux de proie au bord des grands axes routiers de Suisse apparaît comme la conséquence de deux facteurs. Le premier est l'occupation de l'emprise (talus, jonctions, TPC) par le Campagnol des champs, qui atteint là de fortes densités locales même en hiver. Lorsque l'autoroute passe au travers d'une zone boisée, l'augmentation de la longueur des lisières, l'apparition de friches et la plantation d'arbustes à des fins de reboisement constituent probablement un attrait supplémentaire en raison des peuplements diversifiés de petits mammifères qui colonisent ces milieux. Ce phénomène peut expliquer partiellement l'accroissement de la mortalité enregistré au niveau des secteurs boisés (Tab. 13).

Le second facteur consiste en la disponibilité de nombreux perchoirs - les poteaux de la clôture à gibier - qui permettent une chasse d'affût. Pour MUELLER et al. (1979), cette chasse, où l'oiseau reste pratiquement immobile, est particulièrement avantageuse d'un point de vue énergétique pour la Buse durant l'hiver. Par ailleurs, BUNN et al. (1982) rapportent l'utilisation fréquente des poteaux par l'Effraie en chasse. Il est très possible, comme le pensent UHLENHAUT (1976) ou RATCLIFFE (1977), que la collision avec un véhicule survienne avant tout au moment où l'oiseau s'envole de son perchoir relativement bas ou quitte le sol après une capture ou une tentative de capture d'une proie. La présence d'une ligne d'arbres ou d'arbustes plus hauts que les poteaux de la

clôture juste derrière celle-ci pourrait augmenter les risques de collision en incitant l'oiseau à prendre son envol en direction des voies de circulation. C'est d'ailleurs une observation que l'on peut faire assez fréquemment. Nous pouvons voir ici un deuxième élément d'explication de la forte mortalité observée le long des tronçons boisés.

La proportion extrêmement élevée de Rapaces tués entre janvier et mars sur la N1 Genève-Lausanne, soit 59 % des Diurnes et 60 % des Nocturnes annuellement victimes du trafic, est le reflet de divers phénomènes (Fig. 15). Premièrement, la densité locale de Buses variables s'accroît par l'arrivée d'immigrants du nord et du nord-est de l'Europe, qui trouvent dans le bassin lémanique des conditions d'hivernage favorables. Deuxièmement, l'attrait de l'emprise de l'autoroute et de ses abords immédiats (p. ex. droits de passages en friche) pour les Rapaces diurnes et nocturnes augmente durant l'hiver; la

MILIEUX			DIURNES			NOCTURNES		
TYPE DE MILIEU	N	%	O	E	%	O	E	%
Forêt/Forêt	49	13.3	23	(19)	16.2	19	(10)	24.7
Forêt/Champs	55	14.9	33	(21)	23.2	11	(11)	14.3
Forêt/Cult.fruit.	4	1.1	1	(2)	0.7	0	(1)	0.0
Champs/Champs	180	48.7	68	(69)	47.9	35	(38)	46.4
Champs/Cult.fruit.	62	16.8	14	(24)	9.9	11	(13)	14.3
Cult.fruit./Cult.fruit.	19	5.2	3	(7)	2.1	1	(4)	1.3
TOTAL (=36.9 km)	369	100.0	142	(142)	100.0	77	(77)	100.0

Tableau 13 : Répartition des Rapaces diurnes et nocturnes accidentés en fonction des grands milieux bordant l'autoroute.
N : Nombre de segments de 100 m typiques du milieu
O : Nombre observé de Rapaces accidentés
E : Nombre attendu en l'absence d'une relation entre milieu et accidents

densité des petits Rongeurs y est plus élevée que dans les zones avoisinantes et les talus ou le TPC sont souvent plus rapidement dégagés de leur couche de neige que les terrains d'alentours. Ces deux facteurs accroissent les chances de capture d'une proie. Enfin, comme nous l'avons déjà mentionné, la présence de perchoirs favorise la chasse à l'affût, économique sur le plan énergétique en période froide.

Sur l'autoroute Genève-Lausanne, l'augmentation du trafic ne montre aucune relation linéaire avec les variations annuelles du nombre de Rapaces tués (Fig. 16). Ces variations témoignent en revanche d'une périodicité de 3 à 4 ans, comparable à celle des fluctuations de densité du Campagnol des champs (Fig. 15). Dès lors, il est possible que, à partir d'un certain niveau de trafic, la proportion d'individus "prélevés" reste stable. En d'autres termes, le nombre de Rapaces tués serait fonction directe de l'abondance de ces oiseaux dans la zone considérée, abondance influencée elle-même par les densités locales du Campagnol des champs.

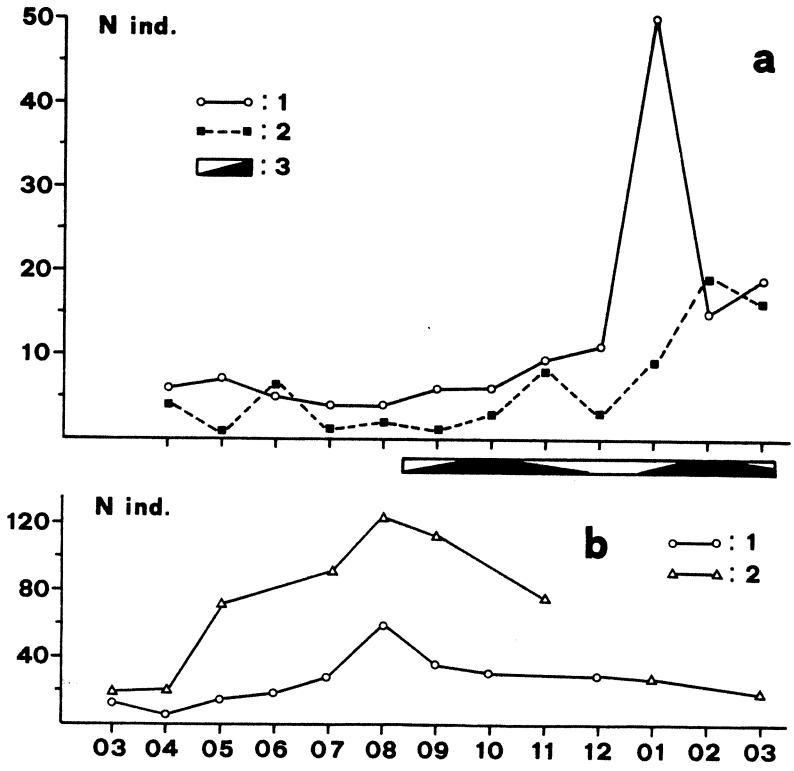


Figure 15 : a) Evolution de la mortalité des Rapaces. Somme des effectifs mensuels de 1964 à 1981, avril 1978 à mars 1979 exceptés.
1: Diurnes 2: Nocturnes 3: Période de migration de la Buse variable
b) Evolution de la densité du Campagnol des champs sur le talus nord au cours de l'année.
1: Mars-décembre 1981 2: Janvier-novembre 1982

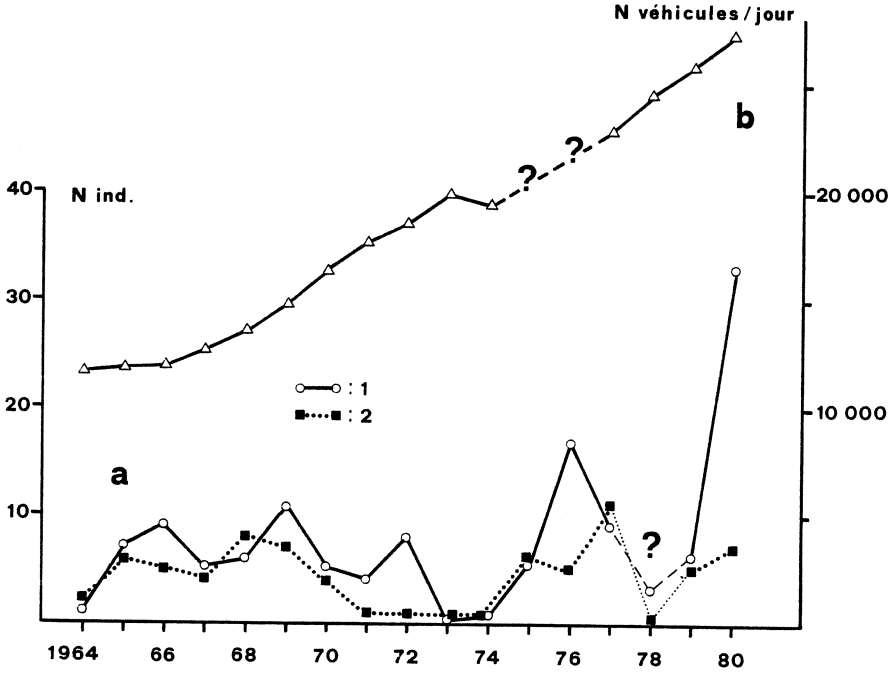


Figure 16 : Nombre de Rapaces diurnes (1) et nocturnes (2) tués chaque année sur 36.9 km de la N1 Genève-Lausanne (valeurs de 1978 incomplètes), en fonction du nombre journalier de véhicules recensés à la hauteur de Rolle.

6. CONCLUSION GENERALE

Les enquêtes, recensements et études sur les petits mammifères occasionnant des dommages le long des autoroutes de Suisse que nous avons réalisés de 1979 à 1983 ont apporté nombre de résultats originaux. Cependant, si les observations et recherches entreprises peuvent paraître avoir un caractère fondamental, elles n'en fournissent pas moins les éléments de base indispensables à des propositions en vue de la prévention des dégâts et de l'application de méthodes de lutte adaptées aux conditions particulières des milieux créés par les axes autoroutiers.

Dans ce dernier chapitre, nous nous limiterons à une brève synthèse des principaux résultats obtenus et à quelques considérations sur les facteurs favorisant l'établissement et le développement des populations de ravageurs. Les méthodes de prévention et de lutte ne seront évoquées que dans leurs principes, car elles seront décrites en détail dans une seconde partie qui sera préparée sous forme de "guide" à l'usage des services d'entretien.

6.1 Synthèse des résultats

6.1.1 Petits mammifères et dégâts

Les piégeages faunistiques, réalisés surtout en 1979 et 1980, ont été conduits d'une part avec des trappes-cages destinées à la capture des micromammifères qui se déplacent à la surface du sol et, d'autre part, avec des trappes-pinces qui, introduites dans les galeries souterraines, permettent la capture d'espèces fouisseuses. Les données de ces recensements

(Tab. 2 et 3), complétées par les observations réalisées tout au long de l'étude, montrent que les espèces suivantes causent les principaux dommages dans l'emprise des autoroutes.

- Le Campagnol des champs, *Microtus arvalis*, se rencontre partout sur le Plateau suisse. C'est un petit Rongeur, propre aux espaces ouverts, qui colonise toutes les zones engazonnées, talus, jonctions et terre-plein central. La densité de population de ce Campagnol est élevée dès que le couvert végétal est important, en d'autres termes, lorsque la végétation herbacée n'est pas régulièrement éliminée. Une telle situation se rencontre en particulier le long de la clôture à gibier et dans les jeunes plantations. Dans ces dernières, le Campagnol des champs s'attaque aux plants en écorçant le tronc au niveau du sol, plus rarement en rongeant les racines. Ses terriers débouchent à l'extérieur par de nombreux orifices reliés par des passages de surface, ou "coulées". Malgré celà, ce Rongeur ne produit pas un bouleversement sensible du sol, et son impact sur l'herbe n'est visible qu'en cas de sécheresse ou lors de pullulations.

- Le Campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman*, est le plus gros Campagnol indigène. De moeurs fouisseuses, il creuse des réseaux de galeries souterraines qui lui permettent de prélever sa nourriture dans la profondeur du sol. Sa présence dans l'emprise des autoroutes est occasionnelle et localisée, le plus souvent liée aux pullulations cycliques particulièrement marquées dans les prairies et pâturages de moyenne altitude. Comme il ne peut établir son terrier que si le sol est assez profond, ce Campagnol ne se rencontre que dans les jonctions, les places de repos et certains talus. Il occasionne des dommages aussi bien à la végétation herbacée qu'aux plantations, en anéantissant le système radiculaire des plantes, arbres et arbustes. Le bouleversement du sol et la terre évacuée sous forme de "taupinières" peuvent favoriser les phénomènes d'érosion dans les terrains en pente.

- L'importance relative du Campagnol agreste, *Microtus agrestis*, espèce aux moeurs voisines de celles du Campagnol des champs, reste à préciser. Ce Rongeur, qui préfère un couvert dense, est connu pour être plus fréquent dans les régions pré-alpines et en Suisse orientale.

- La Taupe, *Talpa europaea*, est un Insectivore exclusivement fouisseur. Seuls des sols profonds permettent à cette espèce d'établir de vastes réseaux de galeries qu'elle parcourt pour prélever vers de terre et arthropodes. La Taupe ne peut donc pénétrer dans l'emprise des autoroutes que dans des zones où les conditions sont favorables, soit les places de repos, particulièrement en bordure de forêt, les jonctions et certains talus. Elle n'occasionne des dégâts que par le bouleversement du sol et, plus indirectement, en créant des terriers souvent occupés secondairement par des Campagnols.

- Parmi les autres espèces de Rongeurs, le Mulot sylvestre, *Apodemus sylvaticus*, est fréquent, mais il ne cause guère de dégâts. La présence du Campagnol roussâtre, *Clethrionomys glareolus*, espèce encore plus forestière, est occasionnelle. Quant aux diverses espèces de Musaraignes (Insectivores), elles ne causent aucun dommage, vu leur régime carnivore.

- Signalons enfin que les Rongeurs commensaux tels que la Souris domestique, *Mus musculus*, ou les Rats, genre *Rattus*, peuvent parfois se rencontrer le long de certains secteurs autoroutiers. Dans quelques rares cas, ils pourront causer des dommages aux installations techniques. Il est connu que certains matériaux attirent ces animaux.

D'une manière générale, ce sont les dommages occasionnés par les Rongeurs à la végétation qui sont les plus fréquents (Tab. 4). Cependant, la disparition de la strate herbacée par consommation et bouleversement du sol n'est grave que lorsqu'elle engendre des phénomènes d'érosion. Le plus souvent, la repousse du gazon fait disparaître ces traces laissées par l'activité hivernale des Campagnols.

Tout autres sont les dégâts causés aux jeunes plantations (Tab. 5) qui entraînent la mort d'arbres et d'arbustes. Quelques recensements des différents types de dommages (Tab. 8) ont permis de cerner l'impact des diverses espèces de Campagnols et leur comportement sélectif vis à vis des essences plantées. Relevons que ce sont les jeunes plantations jusqu'à 3 ans qui sont généralement attaquées. L'écorçage et la destruction des racines se produisent d'octobre à mars-avril mais ils peuvent survenir 1 à 3 semaine après la mise en terre des plants. Si les diverses essences ne sont pas toutes affectées de la même manière, la localisation et l'importance de la blessure jouent un rôle. Cependant, la survie des plants est encore influencée par leur vigueur et leur capacité à produire des rejets latéraux, voire de nouvelles racines. Si de 10 à 80% des jeunes arbres et arbustes peuvent être rongés, seuls de 1 à 25% doivent être considérés comme perdus selon nos observations. Enfin, les dégâts de l'ordre de 10% ne sont pas forcément néfastes compte tenu de la densité de la plantation.

6.1.2 Le Campagnol des champs

C'est sur un secteur de la N1 Genève-Lausanne qu'ont été étudiées la dynamique de population et les modalités de l'occupation spatiale et des déplacements chez le principal ravageur, le Campagnol des champs, *Microtus arvalis*. Un réseau de pièges a permis de recenser périodiquement les animaux par capture-marquage-recapture (CMR) et plusieurs individus ont été dotés d'un filament de tantale radio-actif et suivis à l'aide d'un compteur Geiger.

Sur les talus, les Campagnols des champs vivent de préférence dans les friches plus ou moins étendues sises le long de la clôture à gibier et au niveau d'un droit de passage adjacent à l'emprise de l'autoroute. Sur le terre-plein central (TPC), ils occupent des domaines linéaires situés dans la terre meuble de la rigole de plantation; les nids sont toujours localisés dans les racines des arbustes. Les déplacements ont été analysés; il n'en a été détecté aucun entre les talus et le TPC; en revanche, les déplacements inverses

observés durant la mauvaise saison sont probablement des mouvements de fuite liés aux conditions micro-climatiques extrêmes du TPC.

Au niveau des talus, l'existence d'un couvert végétal favorise le développement estival des populations de Campagnols des champs, qui passent d'un minimum en mars-avril à un maximum en août et garantit une bonne survie hivernale (Fig. 9). L'élimination de la végétation herbacée entraîne un déclin du nombre de Campagnols. Sur le TPC, la population présente les caractéristiques d'un système insulaire: suite à une quasi extinction durant l'hiver, la recolonisation s'opère dès le printemps à partir de quelques foyers résiduels.

D'une manière générale, la reproduction se déroule de mars à octobre, avec une intensité maximale en début d'été. La structure de population montre l'existence de deux catégories d'animaux; les uns, nés au printemps, se reproduisent la même année; les autres, nés en été et en automne, passent l'hiver et constituent le stock de départ du printemps suivant.

6.1.3 Les Rapaces tués par le trafic

Sur la base des rapports d'animaux tués par les véhicules sur la N1 Genève-Lausanne, établis par le centre d'entretien de l'autoroute de Bursins, il a été possible de montrer que 2/3 des Rapaces trouvés accidentés sont des Diurnes avec plus de 80% de Buses variables, *Buteo buteo*, et 1/3, des Nocturnes, avec 55% de Chouettes effraies, *Tyto alba* (Tab. 12). Cette mortalité présente des variations saisonnières avec un maximum durant les mois de janvier à mars (Fig. 15); elle est liée à l'abondance des petits mammifères, et plus particulièrement à celle des Campagnols des champs, facilement accessibles en hiver sur les talus partiellement dépourvus de neige. On remarque également des fluctuations pluriannuelles (Fig. 16) qui semblent synchrones avec les fluctuations cycliques du Campagnol des champs. La distribution des "accidents" de Rapaces en fonction des grands milieux qui bordent l'autoroute dépend des habitudes de chasse de ces oiseaux.

6.2 Méthodes de prévention et de lutte

Dans l'emprise des autoroutes, les petits mammifères bénéficient de conditions diverses, dont certaines sont favorables au maintien, voire au développement, de leurs populations, et d'autres, peu propices, ou même défavorables, à la colonisation par ces animaux. De plus, les milieux traversés par les autoroutes jouent un rôle non négligeable sur les possibilités d'occupation par les diverses espèces de Rongeurs et d'Insectivores.

La présence du Campagnol des champs, comme celle du Campagnol agreste là où cette autre espèce le remplace, est liée à une végétation herbacée dense, et l'établissement des terriers est favorisé par un sol travaillé. Ces petits Rongeurs se rencontrent partout, colonisant même le terre-plein central au gré d'une stratégie particulière. Il est donc important de tout mettre en oeuvre pour limiter au maximum les possibilités d'existence de ces animaux, particulièrement là où les dommages peuvent être sensibles. Il convient donc, avant tout, de diminuer l'importance de la strate herbacée, réduisant ainsi couvert et nourriture.

Les plantations d'arbres et d'arbustes ne devraient être réalisées que dans des zones préalablement préparées, soit régulièrement tondues ou encore dépourvues de végétation. La distance entre les plants ou entre les lignes sera fonction des méthodes d'entretien envisagées durant les années suivantes, soit la tonte ou le désherbage chimique au niveau des jeunes arbres. La mise en terre des plants sera correcte et soigneuse, le sol étant bien tassé autour de l'arbuste pour éviter tout interstice au niveau des trous de plantation. Enfin, en plus de l'entretien régulier de la plantation proprement dite, le voisinage immédiat sera régulièrement tondu ou désherbé, tout foyer de fixation, comme la bande herbeuse sous la clôture à gibier, étant éliminé. Le cas échéant, l'intervention s'étendra au delà de l'emprise de l'autoroute si des milieux par trop favorables aux Campagnols subsistaient à côté d'une plantation à la veille de l'hiver.

Le Campagnol terrestre ne pénètre que lorsque le sol lui permet de creuser des réseaux de galeries au niveau d'une bonne source de nourriture. Lorsque la densité de ce gros Rongeur est faible, il n'occupe que les zones de prairies les plus favorables, milieux qui n'existent guère dans le périmètre des autoroutes. Par contre, lors des pullulations cycliques, la colonisation des espaces ouverts peut être générale. L'absence de végétation herbacée dans les jeunes plantations et une tonte régulière des zones avoisinantes constituent de saines mesures préventives. Vu le bouleversement du sol occasionné par le creusement des terriers, l'arrivée de ce ravageur ne passe pas inaperçue. Cependant, si le sol n'est pas compact, le Campagnol terrestre peut créer ses galeries par tassement, d'où l'importance d'une plantation correcte.

Les seuls facteurs limitant la pénétration des Taupes sont la profondeur et la nature du sol, ainsi que la nourriture animale à disposition. Quant à l'invasion des installations techniques par la Souris domestique et les Rats, elle est liée aux constructions elles-mêmes. Pour les autres espèces de Rongeurs et d'Insectivores, indifférents ou causant exceptionnellement des dommages, il n'y a pas lieu d'envisager des mesures préventives particulières.

Relevons ici qu'il n'existe pas de répulsif capable d'éloigner valablement les petits mammifères. Si quelques plantes sont connues pour n'être pas ou peu consommées, elles ne peuvent constituer une barrière à l'activité des petits mammifères. Certaines essences ou variétés d'arbres et d'arbustes sont plus fréquemment attaquées que d'autres, mais, compte tenu des données encore fragmentaires dans ce domaine et de la nécessité de plantations diversifiées, aucun conseil ne peut être donné pour diminuer les dommages par ce biais.

Quelles que soient les précautions prises, il sera toujours difficile d'empêcher tout dégât. Plus encore, vu le potentiel de reproduction des Campagnols et les fluctuations annuelles et pluriannuelles de leurs populations, il y a lieu d'exercer une surveillance soutenue et, si nécessaire, d'intervenir pour limiter les densités.

La surveillance consiste essentiellement dans le repérage des signes d'activité des petits mammifères, soit principalement des terriers et des premiers dommages. Un minimum de pratique est indispensable pour localiser la présence des Campagnols et surtout pour reconnaître la ou les espèces concernées. Lorsqu'une intervention s'avère nécessaire, il peut être utile de procéder à des piégeages de contrôle afin de capturer quelques spécimens permettant de confirmer la détermination, indispensable à une lutte appropriée.

La présence constante et, surtout, l'abondance hivernale de Rapaces le long des autoroutes laisse croire qu'un "équilibre" pourrait être obtenu par l'action des prédateurs. En fait, il n'en est rien. Les relations prédateurs-proies sont fort complexes. Les premiers ne pouvant ingérer chaque jour qu'une quantité limitée des seconds, ils devraient pouvoir adapter leur accroissement numérique à celui des petits Rongeurs. Or, en théorie, une femelle de Campagnol des champs peut mettre bas en moyenne 5 jeunes tous les 21 jours, lesquels atteignent leur maturité sexuelle à l'âge de six semaines et peuvent se reproduire à leur tour. A l'opposé, les Rapaces n'ont en général qu'une ponte annuelle de 2 à 6 oeufs et le succès de leur reproduction est directement lié à l'abondance des proies. Il y a donc un décalage dans le temps entre l'augmentation du nombre des prédateurs et celle de la densité de proies, les deux catégories atteignant leur maximum l'année de pullulation des Rongeurs. La pression de prédation s'exerce donc avec un certain retard et elle ne peut empêcher l'accroissement numérique de l'espèce-proie; elle ne fait qu'en diminuer l'amplitude et accélérer l'effondrement. De plus, comme les prédateurs ont une longévité supérieure à celle des Campagnols, ils ne disparaîtront qu'après avoir retardé le début de la gradation suivante. Ce mécanisme est propre aussi bien aux Rapaces qu'aux Carnivores; il est cependant nettement plus marqué chez les spécialistes, inféodés à une espèce-proie, que chez les généralistes, capables de profiter de diverses sources de nourriture.

Les Rapaces ne pouvant jouer qu'un rôle secondaire, et l'évolution de leurs populations étant soumise à nombre d'autres facteurs liés à la civilisation moderne, il y a lieu d'éviter de les attirer au bord des autoroutes, où ils sont victimes du trafic. Tout doit être mis en oeuvre pour empêcher, voire interdire, la pose de perchoirs à Rapaces le long des grands axes routiers. Il est probable que la mise en place de gîtes artificiels pour petits Carnivores (Mustélidés) serait vouée à un échec plus marqué encore, les animaux étant écrasés par les véhicules.

Lorsqu'une limitation des effectifs de petits mammifères s'impose, elle ne peut donc être réalisée qu'à l'aide des moyens de destruction à disposition. Le piégeage avec des trappes-pinces ne peut être valable que pour éliminer les Taupes et les Campagnols terrestres au début de la phase de contamination, soit lorsque les terriers sont encore disséminés. Le gazage peut se pratiquer à l'aide de gaz d'échappement de moteurs à explosion tournant au ralenti ou d'appareils spécialisés, par distribution de granulés libérant de l'hydrogène phosphoré au contact de l'humidité du sol, ou encore par combustion de cartouches ou fusées ad hoc. Le gazage est surtout destiné à détruire les Campagnols terrestres et les Taupes, mais il n'est efficace que pour des interventions dans des réseaux de galeries bien clos et délimités. Si l'on souhaite utiliser cette méthode pour le Campagnol des champs, il est impératif de fermer préalablement tous les orifices des terriers pour n'insuffler du gaz que dans les trous réouverts... et en les rebouchant sitôt après.

Il n'existe pas d'appâts empoisonnés destinés à la lutte contre les Taupes et ceux qui peuvent être utilisés pour l'intoxication du Campagnol terrestre sont soit peu efficaces, soit trop dangereux pour être autorisés. Seules les populations de Campagnols des champs peuvent être valablement contrôlées par des grains de blé imprégnés de chlorophacinone, substance anticoagulante à laquelle ce petit Rongeur est très sensible. Cet appât peut être soit déposé systématiquement dans les orifices des terriers, soit disposé dans des postes d'appâtage (type tuyau) régulièrement répartis dans les zones

à protéger. La lutte contre ce ravageur est plus efficace durant la mauvaise saison qu'en période de croissance de la végétation.

Chaque espèce nécessite donc une méthode d'intervention qui lui est propre et l'arsenal des techniques de lutte est limité. L'insuccès rencontré bien souvent est dû à des opérations tardives, conduites sur des populations arrivées au maximum de leur densité, voire déjà en phase décroissante.

La limitation des dommages occasionnés par les petits mammifères dans le périmètre des autoroutes est plus une affaire de stratégie générale que de technique de destruction. Elle comprend quatre phases:

1 - la détermination des zones à risques
2 - la prévention des dommages
3 - la surveillance de l'évolution des populations de ravageurs
4 - la lutte

Une telle stratégie, dont les éléments ont été évoqués ci-dessus, et dont l'application détaillée fera l'objet de la seconde partie du rapport, nécessite une attention constante de l'ensemble du personnel lors des travaux d'entretien. Enfin, deux périodes sont particulièrement propices à l'observation et à l'appréciation de la situation; ce sont le printemps, avant le départ de la végétation, et surtout la fin de l'été ou le début de l'automne, lorsque se produit le maximum annuel de densité des populations de petits mammifères. La lutte contre ces ravageurs ne peut se faire au hasard, elle recquiert un minimum de connaissances et de compétence, au même titre que tous les autres domaines de l'entretien et de la protection des végétaux.

7. ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Probleme, die mit den Schäden, welche Kleinsäuger an der Vegetation der Autobahnböschungen verursachen, verbunden sind, wurden zwischen 1979 und 1983 durch Umfragen, faunistische Inventare und andere, speziellere Untersuchungen behandelt. Dabei wurden mehrere neue Ergebnisse gewonnen. Einige der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Arbeiten mögen als Grundlagenforschung erscheinen; dennoch waren sie die notwendige Basis, um Massnahmen vorzuschlagen, die sowohl bei der Vorbeugung von Schäden als auch bei der Bekämpfung der "Mäuse" angewendet werden können, und dies mit Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse der Strassenböschungen und des Mittelstreifens.

In diesem letzten Kapitel werden wir zuerst die wichtigsten Resultate zusammenfassen. Dann möchten wir einige der Faktoren erwähnen, die zur Neuansiedlung von und zur Entwicklung der Populationen jener Nagetierarten beitragen können, welche als potentielle Schädlinge anzusehen sind. Vorbeugungs- und Bekämpfungsmassnahmen werden nur in ihrem Grundkonzept vorgestellt; eine genauere Darstellung wird in einem zweiten Rapport erfolgen, der als eine praktische Hilfe zu Gunsten der Unterhaltsdienste gedacht ist.

7.1 Zusammenfassung der Resultate

7.1.1 Die Kleinsäuger und die von ihnen verursachten Schäden

Die faunistischen Erhebungen sind vor allem in den Jahren 1979 und 1980 durchgeführt worden. Dabei verwendete man zwei Fallentypen : Kleinsäuger, die sich hauptsächlich auf der Boden-

oberfläche aufhalten, sind mit Gitterfallen, und Arten, die fast nur unterirdisch leben, sind mit Zangen gefangen worden, welche in die Gänge hineingeschoben wurden. Eine Zusammenstellung dieser Erhebungen ist auf den Tafeln 2 und 3 und auf Abb. 1 ersichtlich. Diese Resultate, durch weitere Beobachtungen ergänzt, welche im Laufe der ganzen Untersuchungsperiode gesammelt wurden, zeigen, dass folgende Arten die meisten der entlang der Autobahnen beobachteten Nagetierschäden verursacht haben.

- Die Feldmaus, *Microtus arvalis*, ist im Schweizer Mittelland weit verbreitet. Dieser kleine Nager ist ein Bewohner der offenen Landschaft und wird deshalb auf allen berasten Flächen angetroffen, seien es Böschungen, Anschlüsse oder Mittelstreifen. Bei hinreichender Deckung, das heisst, dort wo die Grasschicht zum Beispiel nicht regelmässig kurzgehalten wird, kann diese Wühlmaus recht hohe Populationsdichten erreichen. Solche Verhältnisse herrschen im allgemeinen entlang des Wildzaunes und in neuen Bepflanzungen. In den letzteren wird häufig der Stamm der jungen Bäume auf Bodenhöhe durch die Feldmaus geschält; seltener findet eine Vernichtung des Wurzelsystems statt. Die unterirdischen Baue der Feldmaus münden an der Oberfläche in zahlreichen Löchern, welche durch oberirdische Gänge miteinander verbunden sind. Diese mässige Wühltätigkeit bringt keine bedeutende Umwälzung des Bodens mit sich. Schliesslich ist der Einfluss der Feldmaus auf die Grasschicht nur bei Trockenheit oder im Falle einer Massenvermehrung dieses Tieres sichtbar.

- Die Ostschermaus, *Arvicola terrestris scherman*, ist die grösste einheimische Wühlmaus. Sie lebt unterirdisch in einem selbstgegrabenen Gangnetz. Die Pflanzen, von denen sich diese Art ernährt, werden von den Gängen her in die Bodentiefe hinuntergezogen. Die Besiedlung der Autobahngrünzonen ist gelegentlich und lokalisiert. Sie dürfte meistens mit den zyklischen Massenvermehrungen verbunden sein, die auf Nachbarzonen auftreten, und die besonders auf Weiden und Wiesen mittlerer Höhenlagen ausgeprägt sind. Voraussetzung für eine Kolonisierung ist aber in erster Linie eine genügende Bodentiefe; dies erklärt, warum die Ostschermaus nur in Anschlüssen, Rast-

plätzen und auf gewissen Böschungen angetroffen wird. Durch die Vernichtung des Wurzelsystems schadet sie sowohl der Grasschicht als auch den Bäumen und Sträuchern der Bepflanzungen. Weiter können die starke Wühltätigkeit und die an die Oberfläche abgeführte Erde ("Maulwurfshaufen") Erosionsphänomene auf steilem Boden begünstigen.

- Unbestimmt bleibt die Bedeutung der Erdmaus, *Microtus agrestis*, als potentieller Schädling. Diese Wühlmaus sieht der Feldmaus sowohl in ihrer Gestalt als auch in ihrer Lebensweise ähnlich. Allerdings bevorzugt sie eine dichtere Pflanzendecke. Die Erdmaus tritt im Voralpen-Gebiet und in der Ostschweiz häufiger auf als in den übrigen Regionen unseres Landes.

- Der Maulwurf, *Talpa europaea*, ist ein Insektenfresser mit ausschliesslich unterirdischer Lebensweise. Das Gangsystem, welches das Tier auf der Suche nach Regenwürmern und Arthropoden durchläuft, wird nur in tieferen Böden gebaut. Der Maulwurf wird deshalb die Grünzonen der Autobahnen nur dort besiedeln, wo die Bodeneigenschaften günstig sind, wie Rastplätze, insbesondere jene am Waldrand gelegen, Anschlüsse und gewisse Böschungen. Schäden kann er allerdings durch seine Wühltätigkeit anrichten; auf indirekte Weise aber begünstigt er die lokale Besiedlung durch Wühlmäuse, da letztere sein Gangsystem sekundär benützen können.

- Unter den übrigen angetroffenen Nagerarten findet man recht häufig die Waldmaus, *Apodemus sylvaticus*, die aber keine Schäden verursacht. Stärker an den Wald gebunden ist die Rötelmaus, *Clethrionomys glareolus*. Ihr Auftreten entlang der Autobahnen ist daher zufällig. Als Insektenfresser sind die verschiedenen Spitzmausarten als völlig harmlos zu betrachten.

- Zum Schluss sollen noch einige kommensalen Nager erwähnt werden, wie die Hausmaus, *Mus musculus*, oder die Ratten, Genus *Rattus*, die sich manchmal auf gewissen Abschnitten antreffen lassen. In einigen seltenen Fällen mögen sie technische Einrichtungen beschädigen, da sie eine gewisse Vorliebe für bestimmte Stoffe, wie Isolierungsmaterial, zeigen.

Unter den verschiedenen beobachteten Nagetierschäden sind jene an der Vegetation bei weitem die häufigsten (Taf. 4). Die Grasschicht wird entweder direkt durch Konsumierung oder, indirekt, infolge der Bodenumwälzung zerstört. Allerdings führt eine solche Situation selten zu bedenklichen Schäden, wie z. B. erhöhte Erosionsgefahr. In den meisten Fällen genügt deC Neuzuwachs des Rasens im Frühjahr, um diese hauptsächlich durch die winterliche Aktivität der Nager bedingten Narben verschwinden zu lassen.

Eine ganz andere Bedeutung haben die Schäden in den jungen Bepflanzungen, da sie das Absterben der Bäumchen und Sträucher zur Folge haben können (Taf. 5). Durch die Beobachtung einiger beschädigter Bepflanzungen (Taf. 8) konnte das Schadenbild der verschiedenen Wühlmausarten und das Selektiv-Verhalten dieser Tiere in Bezug auf bestimmte Baum- und Sträucherarten näher angegangen werden. Schäden treten vor allem bei jungen, bis 3-jährigen Bepflanzungen auf. Das Schälen der Stammbasis und die Zerstörung des Wurzelsystems werden allgemein zwischen Oktober und März-April beobachtet, können aber auch nach 1 bis 3 Wochen nach dem Anpflanzen auftreten. Die verschiedenen Baumarten werden recht unterschiedlich angegriffen und beschädigt. Stelle und Umfang der Wunde spielen eine eindeutige Rolle für das Überleben der Jungpflanze, aber auch für ihre Gesundheit und ihre Fähigkeit, Seitentriebe oder sogar neue Wurzeln zu produzieren. Wenn auch eine Bepflanzung Schäl- oder Wurzelschäden zwischen 10 und 80% aufweisen kann, muss nach unseren Beobachtungen nur ein Anteil von bis zu 25% der Pflanzen eigentlich als verloren gelten. Schlussendlich ist zu bemerken, dass Schäden bis zu 10%, auch wenn sie eine Reduktion der ursprünglichen Pflanzendichte zur Folge haben, sich nicht unbedingt nachteilig auf Flächenbepflanzungen auswirken müssen.

7.1.2 Die Feldmaus-Untersuchung

Als potentieller Hauptschädling wurde die Feldmaus Gegenstand einer besonderen Untersuchung, die sich mit der Populationsdynamik und räumlichen Verteilung der Tiere befasste und auf einer Teilstrecke der N1, Genf-Lausanne, durchgeführt wurde. Durch ei-

ne netzartig angeordnete Fallenserie sind möglichst alle Tiere auf einer bestimmten Fläche regelmässig gefangen, markiert und wiedergefangen worden (sog. Fang-Wiederfang-Methode: siehe Taf. 9). Zudem sind einige Individuen mit einem radio-aktiv bestrahlten Tantal-Faden versehen und in kurzen Zeitabständen mit einem Geiger-Zähler lokalisiert worden (Taf. 10). Daraus ergaben sich folgende Daten:

Auf den Böschungen leben die Feldmäuse vorzugsweise in den ungemähten Grasstreifen entlang der Aussenseite des Wildzaunes (Abb. 5, 6, 7). Auf dem Mittelstreifen bewohnen sie langgesteckte Territorien, die weitgehend mit der Lage der Bepflanzungsrinne übereinstimmen (Abb. 2, 3). Feldmausnester wurden jedesmal in oder unter der Wurzelballe lokalisiert. Die Ortsverschiebungen der markierten Tiere wurden analysiert. Durchquerungen von den Böschungen her zum Mittelstreifen konnten nie nachgewiesen werden; jene in der entgegengesetzten Richtung sind selten (weniger als 3% der Mittelstreifen-Bewohner) und wurden ausschliesslich vom Spätherbst bis Ende des Winters beobachtet (Abb. 8). Letztere mögen deshalb als Fluchtverhalten in Anbetracht einer Verschlechterung der mikroklimatischen Verhältnisse auf dem Mittelstreifen während der Kaltperiode verstanden werden.

Auf den Böschungen begünstigt eine bedeutende Grasdecke einerseits die sommerliche Populationsentwicklung, wobei die Feldmausdichte im März-April ihren Tiefpunkt und im August ihren Höhepunkt erreicht, und andererseits ein hohes winterliches Überleben (Abb. 9a:1, 10a). Im Gegensatz dazu folgt einer Vernichtung des Grasstreifens mittels Herbiziden im Frühling bald eine eindeutige Abnahme der Feldmausdichte (Abb. 9a:2, 10b). Auf dem Mittelstreifen zeigt die jährliche Populationsentwicklung Merkmale, die auf ein inselartiges System hinweisen. Nach einem beinahe totalen Verschwinden der Feldmäuse im Winter findet eine Neukolonisierung durch "Ausstrahlung" von Abwanderern aus kleinen Residualgruppen statt (Abb. 4, 9b, 10c).

Ganz allgemein erstreckt sich die Fortpflanzungsperiode von März bis Oktober. Ihr Höhepunkt liegt Anfangs Sommer (Abb. 14). Die Gewichtsverteilung der gefangenen Mäuse (Abb. 13) deutet auf die Existenz zweier Gruppen hin. Bei der ersten Gruppe handelt

es sich um Frühjahrstiere, die schnell wachsen und im Sommer des gleichen Jahres zur Fortpflanzung schreiten. Zur zweiten Gruppe gehören Individuen, die im Laufe des Sommers und im Herbst geboren sind; ihr Wachstum ist langsamer; ein Teil dieser Tiere überlebt den Winter und bildet den frühjährlichen Anfangsbestand.

7.1.3 Die durch den Verkehr getöteten Greifvögel und Eulen

Seit 1964 erstellt das Personal des Werkhofs Bursins ein Protokoll für jedes auf der Autobahn Genf-Lausanne verunfallte Tier. Diese Unterlagen wurden von den Herren Dipl. Ing. ETH S. Müller und Dr. G. Berthoud gesammelt und uns 1980 freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Aufgrund dieser Protokolle konnte ermittelt werden, dass von allen Raubvögeln die Greifvögel zu zwei Dritteln und die Eulen zu einem Drittel verunfallten. Unter den ersteren bildet der Mäusebussard, *Buteo buteo*, den grössten Anteil mit 80%, während unter den Eulen die Schleiereule, *Tyto alba*, mit 55% an erster Stelle kommt (Taf. 12). Die verkehrsbedingte Sterblichkeit zeigt jahreszeitliche Schwankungen, mit einem Höhepunkt in der Periode Januar-März (Abb. 15). Als Ursache darf die hohe Zahl von Kleinsäugern, insbesondere von Feldmäusen, angesehen werden. Zudem sind diese Nager leichter auf Flächen zu erbeuten, die wie die Böschungen nur kurzfristig mit Schnee bedeckt sind, als auf Nachbarzonen. Erwähnenswert sind auch die mehrjährigen Variationen der verunfallten Vögel, die eine gewisse Zeitübereinstimmung mit den zyklischen Schwankungen der Feldmaus zeigen. Die räumliche Verteilung der "Unfälle" in Bezug auf die verschiedenen Landschaftstypen , welche entlang der Autobahn vorkommen, lässt sich durch die Jagdgewohnheiten dieser Raubvögel erklären.

7.2 Vorbeugungs- und Bekämpfungsmethoden

Allgemein begünstigen die ökologischen Verhältnisse in den Grünzonen des Autobahnperimeters die Ansiedlung jener Kleinsäugerarten, die ursprünglich in Steppen oder trockenen Wiesen beheimatet sind. Für Wald-Arten sind diese Biotope eher ungünstig. Die angrenzende Landschaft mag aber dieses Bild örtlich verfeinern.

Das Vorkommen der Feldmaus, und stärker noch jenes der Erdmaus, dort wo die letztere die erstgenannte ersetzt, ist mit der Anwesenheit einer relativ dichten Grasdecke verbunden. Lockerer, bearbeiteter Boden ist auch von eindeutigem Vorteil zum Graben und zur Ausdehnung des unterirdischen Gangsystems. Ganz allgemein ist die Anpassungsfähigkeit dieser kleinen Nager aber derart, dass sie überall anzutreffen sind, und sogar in den extremen Verhältnissen des Mittelstreifens zu überleben vermögen. Wenn auch eine vollständige Vernichtung biologisch und finanziell undenkbar wäre, sollte doch alles unternommen werden, um die Ansiedlung dieser Wühlmäuse in Bepflanzungen zu erschweren und gegebenenfalls die Dichte der bereits ansässigen Populationen bis zu einer harmlosen Schwelle zu vermindern. Als konkrete Massnahme dazu gehört in erster Linie die Reduzierung der dichten Grasschicht, damit sowohl die Schutzmöglichkeiten als auch das Nahrungsangebot verringert werden.

Sträucher und Bäume sollten nur auf Flächen bepflanzt werden, die zuvor möglichst unattraktiv gemacht wurden, sei es durch Ausstehen der Berasung (bei neuen Teilstrecken) oder durch regelmässige Kurzhaltung der Grasschicht. Ferner sollte man beim Abstand zwischen den einzelnen Pflanzen oder Bepflanzungslinien den vorgesehenen Unterhaltsmethoden der folgenden Jahre , wie mechanisches Mähen, etc., Rechnung tragen. Schliesslich soll das Anpflanzen selbst sorgfältig durchgeführt werden. Man wird speziell darauf achten, dass die Erde um die Pflanzen herum gut gepresst wird und keine Zwischenräume zulässt, die von den Mäusen als Ausgangspunkt zur Herstellung ihrer Gänge benützt werden könnten.

Ähnlich sollte auf den unmittelbar angrenzenden Zonen die Grasschicht regelmässig gemäht werden, um mögliche Ansiedlungspunkte für die Feld- und/oder die Erdmaus zu vermeiden. Dies trifft besonders für die Wildzaunzone zu. Gegebenenfalls sollen diese Massnahmen auf Flächen erweitert werden, die ausserhalb des Autobahnperimeters liegen, falls dort anfangs Winter ebenfalls günstige Verhältnisse für die Wühlmäuse herrschen.

Auf den Böschungen wird sich die Schermaus nur dort festsetzen, wo das Nahrungsangebot genügend hoch ist und wo sie geeigneten Boden findet, um ihr unterirdisches Gangsystem leicht graben zu können. Bei niedriger Populationsdichte beschränkt sich diese grosse Wühlmaus auf die für sie günstigsten Zonen der Weiden und Wiesen. Ähnliche Verhältnisse wird sie auf Autobahnböschungen kaum finden. Bei den periodisch auftretenden Massenvermehrungen kann hingegen eine allgemeine Kolonisierung der offenen Flächen erfolgen. Die Abwesenheit einer Grasschicht in der Bepflanzung sowie ein regelmässiges Mähen der umgebenden Zonen sind bereits gute Vorbeugungsmassnahmen. In Anbetracht der Wühltätigkeit dieses Nagers sollte seine Ansiedlung in einer Bepflanzung schnell ersichtlich sein. In lockeren Böden kann die Schermaus indessen ihre Gänge durch einfaches Zusammendrücken der Erde herstellen, ohne dass eine Aufschüttung an der Oberfläche erfolgt.

Bodentiefe und Angebot an tierischer Nahrung sind die einzigen Faktoren, welche die Ansiedlung des Maulwurfs im Autobahnperimeter bestimmen. Das Eindringen von Hausmäusen und/ oder Ratten in technische Anlagen ist eine reine Folge des Konstruktionstyps (Oeffnungen). Für die übrigen Kleinsäugerarten, die keine oder nur in den seltensten Fällen Schäden verursachen, sind wohl keine Vorbeugungsmassnahmen zu empfehlen.

Hier soll noch betont werden, dass weder natürliche noch künstliche Repellenten zur wirksamen Fernhaltung von Nagern bekannt sind. Wohl ist beobachtet worden, dass gewisse Pflanzen nicht oder nur sehr ungern gefressen werden, das Eindringen von Kleinsäugern in eine Bepflanzung können sie indessen nicht verhindern. Bestimmte Arten oder Varietäten unter den Sträuchern und Bäumen werden häufiger als andere durch Wühlmäuse beschä-

digt. Leider lässt sich keine Vorbeugungsstrategie empfehlen, einerseits wegen unserer auf diesem Gebiet noch sehr lückenhaften Kenntnisse und andererseits wegen der Notwendigkeit, die Artenvielfältigkeit der Bepflanzungen beizubehalten.

Was immer auch für Vorbeugungsmassnahmen getroffen werden, wird es schwierig sein, jegliche Schäden zu verhindern. Dies um so mehr, als Wühlmäuse ein verblüffendes Vermehrungspotential zeigen und mehrjährige Dichteschwankungen aufweisen. Ständige Aufsicht ist daher notwendig, damit gegebenenfalls eine Reduzierung der Populationsdichte vorgenommen werden kann. Diese Aufsicht erfordert in erster Linie die Erkennung der Aktivitätszeichen von Kleinsäugern, wie rezente Benützung, bzw. Ausbreitung der oberflächlichen Gangsysteme und der Baue. Eine minimale Erfahrung ist notwendig, um das Vorhandensein von Wühlmäusen zeitgerecht zu erkennen und besonders um die Art korrekt zu bestimmen. Sollte eine Bekämpfung vorgenommen werden, mag es von Nutzen sein, einen Kontrollfang durchzuführen, um die Artzugehörigkeit der Tiere zu bestätigen und somit die richtigen Massnahmen zu treffen.

Die Anwesenheit von Greifvögeln entlang der Autobahn, die im Winter durch einen Zustrom von Überwinterern aus dem Norden noch verstärkt wird, mag den Eindruck erwecken, dass Raubvögel oder -tiere eine wirksame Kontrolle der Dichte von Beutetieren ausüben könnten. So einfach sind aber die Wechselbeziehungen zwischen Räubern und Beute nicht. Pro Tag können die Ersteren nur eine begrenzte Menge der Zweiten einnehmen. Um den Jagddruck konstant zu halten, müsste also die Vermehrungsrate der Räuber proportional zu jener der Beutetiere laufen. Ein Wühlmausweibchen kann theoretisch alle drei Wochen durschnittlich fünf Junge gebären, die bereits nach sechs Wochen geschlechtsreif werden. Im Gegensatz dazu legen Greifvögel und Eulen im allgemeinen nur einmal im Jahr zwei bis sechs Eier, und der Fortpflanzungserfolg ist eng mit der Beutedichte verbunden. Die Zunahme der Räuberzahl erfolgt somit in Bezug auf jene der Beutetiere zeitlich verschoben, obwohl beide Gruppen ihre Maximaldichte gleichzeitig erreichen. Infolge dieser Verzögerung wird die Dichtezunahme der Wühlmäuse durch den Jagddruck in keiner Weise verhindert. Nur der Umfang dieser Zunahme mag leicht vermindert

und der der Massenvermehrung folgende Dichtesturz beschleunigt werden. Räuber haben ferner eine längere Lebensdauer als Wühlmäuse. Das Verschwinden der Tiere beider Gruppen verläuft also nicht parallel: der Jagddruck auf die übrigbleibenden Beutepopulationen verstärkt sich und führt zu einer Verzögerung des Beginns der nächsten Massenvermehrung. Dieser Mechanismus wird nicht nur bei Greifvögeln und Eulen, sondern auch bei anderen Raubtieren beobachtet. Nur ist er ausgeprägter bei solchen Arten, die auf ein besonderes Beutetier spezialisiert sind, als bei den Allesfressern, die bei Bedarf auf die eine oder andere Beuteart ausweichen können.

Bei der Bekämpfung von Wühlmäusen spielen also Greifvögel und Eulen eine sekundäre Rolle. Da ihre Populationen bereits anderen Zivilisationseinflüssen unterworfen sind, ist ihre Anlockung im Bereich von Express-Strassen, wo sie dem Verkehr zum Opfer fallen, unangebracht. Die Aufstellung von Sitzstangen in der Nähe der Autobahnen soll unbedingt verhindert werden. Ähnlich wäre die Errichtung künstlicher Bauten zugunsten kleiner Carnivoren (Marderartigen) zum Scheitern verurteilt.

Drängt sich eine Reduzierung der Kleinsäuger auf, wird sie nur mit den konventionell verfügbaren Bekämpfungsmitteln zu erreichen sein. Der Fang mit Zangenfallen eignet sich zur Beseitigung des Maulwurfs oder der Schermaus, bei letzterer allerdings nur in Phasen niedriger Populationsdichten, wenn die Baue noch zerstreut auftreten. Die Begasung erfolgt mit Auspuffgasen, mit speziellen Kohlenverbrennungsapparaten, mit Gaspatronen und schliesslich mit Granulaten, die unter Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit Wasserstoffphosphid abgeben. Die Begasung wird in erster Linie zur Vernichtung der Schermaus oder des Mauwurfs angewendet, setzt aber voraus, dass die unterirdischen Gangsysteme dicht geschlossen sind. Will man dieses Verfahren auch zur Bekämpfung der Feldmaus benützen, sind zuvor alle Löcher abzuschliessen. Gas wird nun in die durch die Tiere neu gemachten Oeffnungen hineingeblasen... und letztere sind sofort wieder zu schliessen.

Giftköder, die auf den Maulwurf wirken, stehen nicht zur Verfügung. In Bezug auf die Schermaus sind die zur Zeit verfügbaren

Produkte entweder unwirksam oder weit zu gefährlich, um überhaupt eine Genehmigung dafür zu erhalten. Einzig die Populationen der Feldmaus (und jene der Erdmaus) sind erfolgreich mit Giftködern zu bekämpfen. Dabei handelt es sich um Weizenkörner, die mit dem Blutgerinnungsmittel Chlorophacinon durchtränkt sind. Auf dieses Gift reagieren die Feldmäuse besonders empfindlich. Der Giftweizen wird entweder systematisch in die Baueingänge eingelassen, oder in kleinen Haufen in Röhren gelegt, welche regelmässig auf der zu behandelnden Fläche verteilt werden. Die Bekämpfung der Feldmaus ist vom Herbst bis Spätwinter erfolgreicher als während der Vegetationsperiode.

Wie soeben dargestellt, existieren für jede Kleinsäugerart bestimmte Bekämpfungsverfahren. Häufig festgestellte Misserfolge lassen sich dadurch erklären, dass die Eingriffe zu spät unternommen wurden und auf Populationen zielten, die bereits ihre Maximaldichte erreicht hatten, oder sich sogar in der darauffolgenden Abnahmephase befanden.

Die Reduzierung von Kleinsäugerschäden im Bereich der Autobahn wird eher von der Anwendung eines Gesamtkonzeptes als von jener bestimmter Verfahren abhängen. Dieses Konzept stützt sich auf vier Punkte:

1. - Die Erkennung und Festsetzung der Risikozonen;
2. - Die Vorbeugung der Schäden durch angemessene Verfahren;
3. - Die Überwachung der Entwicklung der Schädlingspopulationen;
4. - Die Bekämpfung.

Die genaue Durchführung des soeben geschilderten Gesamtkonzeptes wird Sache des zweiten Teiles dieses Berichtes sein. Hier soll nur darauf hingewiesen werden, dass sie eine ständige Aufmerksamkeit seitens des Werkhofpersonals während der Unterhaltsarbeiten erfordert. Zwei Perioden sind zur Überwachung und zur Abschätzung der Lage besonders günstig: Einerseits der Frühling, vor dem Eintreten des Vegetationswachstums, und andererseits der Spätsommer-Frühherbst, wenn die Mauspopulationen ihren Höhepunkt erreicht haben. In Bezug auf die Bekämpfung der schädlichen Kleinsäugerarten muss betont werden, dass sie ein Minimum an Sachkenntnis voraussetzt, wie das auch in anderen Zweigen des angewandten Pflanzenschutzes der Fall ist.

8. BIBLIOGRAPHIE ET RAPPORTS

8.1 Références bibliographiques

ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA, A., G. BUJALSKA and R. MACKIN-ROGALSKA.(1981). Changes in numbers of *Microtus arvalis* (Pall.), *Apodemus agrarius* (Pall.) and *Apodemus flavicollis* (Melch.) in chosen crop fields. Pol. ecol. Stud. 7, 175-192.

AIROLDI, J.-P.(1979). Etude du rythme d'activité du campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman* Shaw. Mammalia 43, 35-52.

AMBROSE III, H.W.(1969). A Comparison of *Microtus pennsylvanicus* Home Range As Determined by Isotope and Live Trap Methods. Am. Midl. Nat. 81, 535-555.

ATELIER D'ETUDES ET DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT ET L'AMENAGEMENT. (1982). Ecologie du bord des routes. Pas de Calais. Somme. Rapport intermédiaire. Centre d'études techniques de l'équipement de Lille. Université des sciences et techniques de Lille.

BACHMANN, P.(1971). Der Eichhörnchenschaden des Jahres 1969 im Kanton Bern. Bericht der Forstinspektion Mittelland, Bern (Hektographie).

BAYLE, P.(1980). Impact de la déviation routière de Sélestat sur les populations de rapaces diurnes et nocturnes. SETRA, Div. Liaisons Interurbaines. Rapport intermédiaire, 35 pp.

BEACHAM, T.D.(1980). Dispersal during population fluctuations of the vole, *Microtus townsendii*. J. Anim. Ecol. 49, 867-877.

BERGMANN, H.H.(1974). Zur Phänologie und Oekologie des Strassentods der Vögel. Vogelwelt 95 (1), 1-21.

BIRNEY, E.C., W.E. GRANT and D.D. BAIRD.(1976). Importance of vegetative cover to cycles of *Microtus* populations. Ecology 57, 1043-1051.

BLONDEL, J.(1967). Réflexions sur les rapports entre prédateurs et proies chez les rapaces. - I. Les effets de la prédation sur les populations de proies. Terre Vie 21, 5-32.

BOURQUIN, J.-D.(1981). Les petits mammifères vivant le long des autoroutes. Route et Trafic 67 (2), 43-47.

BOURQUIN, J.-D.(1982). Greifvögel und Eulen zur Bekämpfung der Mäuse. Strasse u. Verkehr 68 (10).

BOURQUIN, J.-D.(1983). Mortalité des rapaces le long de l'autoroute Genève-Lausanne. Nos Oiseaux 37, 149-169.

BOURQUIN, J.-D. et A. MEYLAN.(1982). Les peuplements de micromammifères le long des autoroutes: Inventaire faunistique et exemples d'occupation par *Microtus arvalis* (Pallas). Rev. suisse Zool. 89, 977-991.

BOWEN, B.S.(1982). Temporal dynamics of microgeographic structure of genetic variation in *Microtus californicus*. J. Mammal. 63, 625-638.

BUNN, D.S., A.B. WARBURTON and R.D.S. WILSON.(1982). The Barn Owl. T. & A.D. Poyser, Calton, England. 264 pp.

CHITTY, D. andE. PHIPPS.(1966). Seasonal changes in survival in mixed populations of two species of voles. J. Anim. Ecol. 35, 313-331.

COLE, F.R.(1978). A movement barrier useful in population studies of small mammals. Amer. Midl. Nat. 100, 480-482.

DOBROWOLSKA, A.(1981). Variability of transferrin in *Microtus arvalis* (Pall.) population inhabiting farmland. Pol. ecol. Stud. 7, 257-269.

DOUGLASS, R.J.(1976). Spatial interactions and microhabitat selections of two locally sympatric voles, *Microtus montanus* and *Microtus pennsylvanicus*. Ecology 57, 346-352.

EIBERLE, K.(1977). Zum selektiven Wurzelfrass der Schermaus (*Arvicola terrestris*) an Zuchtpappeln. Schweiz. Z. Forstwesen 128, 814-819.

FATIO, V.(1869). Faune des Vertébrés de la Suisse. Volume I: Histoire naturelle des Mammifères. H. Georg, Genève-Bâle, 410 pp.

FRANK, F.(1952). Umfang, Ursachen und Bekämpfungsmöglichkeiten der Mäusefrassschäden in Forstkulturen. Nachrbltt. deutsch. Pflanzenschutzdienst. 4, 183-189.

FRANK, F.(1954). Die Kausalität der Nagetier-Zyklen im Lichte neuer populationsdynamischer Untersuchungen an deutschen Microtinen. Z. Morph. u. ökol. Tiere 43, 321-356.

FRANK, F.(1964). Die Feldmaus, *Microtus arvalis* (Pallas), im nordwestdeutschen Rekordwinter 1962/63. Z. Säugetierk. 29, 146-152.

GEROUDET, P.(1965). Les rapaces diurnes et nocturnes d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 3e éd. 426 pp.

GODFREY, G.K.(1954). Tracing field voles (*Microtus agrestis*) with a Geiger-Müller counter. Ecology 35, 5-10.

GOSZCZYNSKI, J.(1977). Connections between predatory birds and mammals and their prey. Acta theriol. 22, 399-430.

GROSBOIS, A.(1904). Nos Ennemis les Rats les Souris les Mulots les Campagnols. Baillière & Fils, Paris. 160 pp.

HALL, T.R., W.E. HOWARD and R.E. MARSH.(1981). Raptor use of artificial perches. Wildl. Soc. Bull. 9 (4), 296-298.

HANSSON, L.(1969). Spring populations of small mammals in central Swedish Lapland in 1964-68. Oikos 20, 431-450.

HEIDENREICH, E.(1965). Feldmäuse in Forstkulturen. Z. angew. Ent. 55, 400-408.

HEINRICH, D.(1978). Untersuchungen zur Verkehrsopferrate bei Säugetieren und Vögeln. Die Heimat 85 (8), 193-207.

HESTBECK, J.B.(1982). Population regulation of cyclic mammals: the social fence hypothesis. Oikos 39, 157-163.

JEFFERIES, D.J. and M.C. FRENCH.(1972). Lead concentrations in small mammals trapped on roadside verges and field sites. Environ. Pollut. 3, 147-156.

JENNRICH, R.I.and F.B. TURNER.(1969). Measurement of Non-circular Home Range. Theoret. Biol. 22, 227-237.

KOZEL, R.M. and E.D. FLEHARTY.(1979). Movements of rodents across roads. SWest. Nat. 24, 239-248.

KREBS, C.J.(1966). Demographic Changes in Fluctuating Populations of *Microtus californicus*. Ecol. Monogr. 36, 239-273.

KREBS, C.J., B.L. KELLER and R.H. TAMARIN.(1969). *Microtus* population biology: demographic changes in fluctuating populations of *M. ochrogaster* and *M. pennsylvanicus* in Southern Indiana. Ecology 50, 587-607.

KREBS, C.J., I. WINGATE, J. LEDUC, J.A. REDFIELD, M. TAITT and R. HILBORN (1976). *Microtus* population biology: dispersal in fluctuating populations of *M. townsendii*. Can. J. Zool. 54, 79-95.

LE LOUARN, H. et B. DASSONVILLE.(1972). Premiers résultats d'un marquage radioactif des campagnols *Microtus arvalis* et *Pitymys multiplex*. Mammalia 36, 107-111.

LEDUC, J. and C.J. KREBS.(1975). Demographic consequences of artificial selection at the LAP locus in voles (*Microtus townsendii*). Can. J. Zool. 53, 1825-1840.

LESLIE, P.H., D. CHITTY and H. CHITTY.(1953). The estimation of population parameters from data obtained by means of the capture-recapture method. III. An example of the pratical applications of the method. Biometrika 40, 137-169.

LIDICKER, W.Z., Jr.(1975). The role of dispersal in the demography of small mammals. In: GOLLEY, F.B., K. PETRUSEWICZ and L. RYSZKOWKI (Eds): Small mammals, their productivity and population dynamics, 103-128. Internat. Biological Programme 5, Cambridge Univ. Press.

MADER, H.-J.(1981). Der Konflikt Strasse - Tierwelt aus ökologischer Sicht. Schr.-Reihe für Landschaftspflege und Naturschutz 22, 104 S. Bonn-Bad Godesberg.

MADER, H.-J. und G. PAURITSCH.(1981). Nachweis des Barriere-Effektes von verkehrsarmen Strassen und Forstwegen auf Kleinsäuger der Waldbiozönose durch Markierungs- und Umsetzungsversuche. Natur u. Landschaft 56, 451-454.

MAERKI, H.(1977). Autobahnen - Einbahnstrassen für unsere Greifvögel? Berner Tagblatt, 12. Febr. 1977.

MARTINET, L.(1967). Cycle saisonnier de reproduction du Campagnol des champs *Microtus arvalis*. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 7, 245-259.

MARTINET, L. et F. SPITZ.(1971). Variations saisonnières de la croissance et de la mortalité du campagnol des champs, *Microtus arvalis*. Rôle du photopériodisme et de la végétation sur ces variations. Mammalia 35, 38-84.

MEYLAN, A.(1963). Les petits rongeurs. Identification-Dégâts aux cultures-Moyens de lutte. Agriculture romande Ser. A, 1962 I (13), 96-98; 1963 II (3), 28-30; 1963 II (4), 41-43.

MEYLAN, A.(1966). Note sur les rapaces en bordure de l'autoroute Lausanne-Genève. Nos Oiseaux 28, 217-219.

MEYLAN, A.(1967). Les petits mammifères du Valais central (Suisse). Mammalia 31, 225-245.

MEYLAN, A.(1977). Le campagnol terrestre. *Arvicola terrestris* (L.): biologie de la forme fouisseuse et méthodes de lutte. Rev. suisse Agric. 9, 178-187.

MEYLAN, A. et J.-P. AIROLDI.(1975). Reproduction hivernale chez *Arvicola terrestris scherman* Shaw (Mammalia, Rodentia). Rev. suisse Zool. 82 (4), 689-694.

MILNER, C. and F. BALL.(1970). Factors affecting the distribution of the mole (*Talpa europaea*) in Snowdonia (North Wales). J. Zool. (Lond.) 162, 61-69.

MOREL, J. et A. MEYLAN.(1970). Une pullulation de campagnols terrestres (*Arvicola terrestris* (L.)) (Mammalia, Rodentia). Rev. suisse Zool. 77, 705-712.

MUELLER, K., S. SCHUSTER und F. SPITTLER.(1979). Zehn Jahre Greifvogel-Winterzählungen auf Probeflächen im Bodenseegebiet. J. Orn. 120, 174-187.

MYERS, J.H. and C.J. KREBS.(1971). Genetic, behavioral, and reproductive attributes of dispersing field voles *Microtus pennsylvanicus* and *Microtus ochrogaster*. Ecol. Monogr. 41, 53-78.

MYLLYMAEKI, A.(1977). Intraspecific competition and home range dynamics in the field vole *Microtus agrestis*. Oikos 29, 553-569.

MYLLYMAEKI, A.(1979). Importance of small mammals as pests in agriculture and stored products. IN: STODDART, D.M. (Ed.): Ecology of small mammals, 239-279. Chapman and Hall, London.

OXLEY, D.J., M.B. FENTON and G.R. CARMODY.(1974). The effects of roads on populations of small mammals. J. appl. Ecol. 11, 51-59.

POLLARD, E. and J. RELTON.(1970). Hedges V. A study of small mammals in hedges and cultivated fields. J. appl. Ecol. 7, 549-557.

RATCLIFFE, J.(1977). Traffic Casualties. Barn Owls on the decline. Wildlife Lond. 19, 362-363.

RYSZKOWSKI, L., J. GOSZCZYNSKI and J. TRUSZKOWSKI.(1973). Trophic relationships of the common vole in cultivated fields. Acta theriol. 18, 125-165.

SAINT-GIRONS, M.C.(1965). Influence des talus plantés sur les populations de petits mammifères d'après les analyses de pelotes d'Effraye. Penn ar bed 5, 96-100.

SPITZ, F.(1974). Démographie du Campagnol des champs, *Microtus arvalis*, en Vendée. Ann. Zool.-Ecol. anim. 6 (2), 259-312.

SPITZ, F.(1977). Le campagnol des champs (*Microtus arvalis* Pallas) en Europe. Bull. OEPP 7, 165-175.

STEIN, G.H.W.(1958). Die Feldmaus. Die Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt. 76 pp.

UHLENHAUT,K.(1976). Unfälle von Schleiereulen durch Kraftfahrzeuge. Falke 23 (2), 56-60.

VAN WIJNGAARDEN, A.(1955). Vorläufige Ergebnisse der Populationsuntersuchungen an Feldmäusen in der Betuwe. Z. Säugetierk. 20, 61-69.

VOGEL, P.(1976). Energy Consumption of European and African Shrews. Acta theriol. 21, 195-206.

WILLIAMSON, P.and P.R. EVANS.(1972). Lead: Levels in Roadside Invertebrates and Small Mammals. Bull. environ. Contam. & Toxicol. 8, 280-288.

8.2 Rapports cités

1 - Procès-verbal de la séance de la commission 10 le 7.4.78 à Changins, rédigé par M. F. Vogel, Berne
2 - Demande de crédits pour travaux de recherches du 12.6.78 faite par M. A. Meylan, SZV/RAC.
3 - Mandat VSS 7/79: Rapport no 1. 2.10.79
4 - Mandat VSS 7/79: Rapport no 2. 10.12.79
5 - Mandat VSS 7/79: Rapport no 4. 11.8.80
6 - Nagetierschäden in einem an die N.S. Nr. 3 angrenzenden Obstgarten. 25.8.80
7 - Mandat VSS 29/80: Rapport no 1. 4.6.81
8 - Mandat VSS 29/80: Rapport no 2. 31.7.81
9 - Mäuseschäden auf der T6 Lätti-Bundkofen: Beurteilung der Lage und Vorschläge zur Feldmausbekämpfung. 15.12.82
10 - Mäuseschäden auf der T6 Lätti-Bundkofen (II). 24.1.83
11 - Mandat VSS 7/79: Rapport no 3. 15.4.80

9. ANNEXES

Annexe 1

Eidgenössisches Departement des Innern
Département fédéral de l'intérieur
Dipartimento federale dell'interno

Bundesamt für Strassenbau
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle strade

Tel. (031) 61 91 11

3003 Bern, 17. April 1979 Ms

An die Chefs der Nationalstrassenwerkhöfe

(gemäss beiliegender Liste)

Mäuseschäden

Sehr geehrte Herren,

Die Finanzierung des Forschungsauftrages zur Ermittlung von Bekämpfungsmethoden gegen die Mäuseplage in den Bepflanzungen entlang den Nationalstrassen konnte dieses Frühjahr durch die Strassenbauforschung übernommen werden. Die Forschungsstelle, Herr Dr. A. Meylan von der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt in Changins, Nyon, wird einen Assistenten für diese Aufgabe einsetzen.

Damit die Forschungsstelle diese Aufgabe ab Anfang Mai 1979 an Orten mit Mäusepopulationen und entsprechenden Schäden anpacken kann, ersuchen wir Sie, uns so rasch als möglich diejenigen Strassenabschnitte bekanntzugeben, auf denen in der Vergangenheit solche Schäden festgestellt wurden oder sich gegenwärtig abzeichnen. Auch kurz vor der Vollendung stehende Strassenabschnitte, die davon betroffen sind, sind von grossem Interesse. Für das weitere Vorgehen wird sich die Forschungsstelle dann direkt mit Ihnen in Verbindung setzen.

Für Ihre wertvolle Mitarbeit danken wir Ihnen bestens.

Mit freundlichen Grüssen
BUNDESAMT FÜR STRASSENBAU

Adjunkt

Kopie z.K. an:

Herrn Dr. A. Meylan, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, 1260 Nyon

Herrn Franz Vogel, Landschaftsplaner, Steinauweg 9, 3007 Bern

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich

4/1979 55614

Projet VSS 29/80: PETITS MAMMIFERES ET AUTOROUTES
Station fédérale de recherches
agronomiques de Changins
1260 N y o n

Nyon, le 27 mai 1981

Aux Chefs des Centres d'entretien
des routes nationales

Messieurs,

Protégées par l'importante couche de neige du dernier hiver, les populations de petits mammifères peuvent s'être maintenues à un niveau assez élevé. Il est donc possible que des dégâts non négligeables se soient produits localement.

Afin que je puisse évaluer la nature et l'importance de ces dégâts, je vous saurais gré de bien vouloir me renvoyer le coupon-réponse ci-dessous le plus rapidement possible au moyen de l'enveloppe ci-jointe.

En vous remerciant par avance de votre précieuse collaboration, je vous prie, Messieurs, de recevoir mes meilleures salutations.

J.-D. Bourquin

COUPON-REPONSE

Centre: | Routes:

A la suite de l'hiver 1980/81, avez-vous constaté des dégâts dûs aux petits mammifères (souris, taupes) ou aux lièvres ?

oui ☐ *non ☐

- aux installations techniques (câbles, tuyaux): ☐
- aux arbres et arbustes dans les plantations: ☐
- aux herbages par les terriers et taupinières (danger d'érosion) : ☐

Date : . . . . . Signature: . . . . . .

* Coupon à renvoyer même en cas de réponse négative s.v.pl.

Forschungsauftrag VSS 29/80: KLEINSAEUGER UND AUTOBAHNEN
Eidgenössische landwirtschaftliche
Forschungsanstalt Changins
1260 N y o n

Nyon, den 27. Mai 1981

An die Chefs der Nationalstrassenwerkhöfe

Sehr geehrte Herren,

Geschützt durch die dicke Schneeschicht vom letzten Winter können sich die Populationen von Kleinsäugern auf einem relativ hohen Stand erhalten haben. Es ist daher möglich, dass lokal beachtenswerte Schäden aufgetreten sind.

Damit ich Art und Umfang dieser Schäden beurteilen kann, möchte ich Sie höflich bitten, mir den untenstehenden Antwortbogen so schnell wie möglich mittels beiliegendem Kuvert zurückzusenden.

Für Ihre wertvolle Mitarbeit danke ich Ihnen bestens.

Mit freundlichen Grüssen

J.-D. Bourquin

ANTWORTBOGEN

Werkhof: | Strassen:

Haben Sie nach dem Winter 1980/81 Schäden festgestellt, welche durch Kleinsäuger (Mäuse, Maulwürfe) oder durch Hasen verursacht worden sind ?

ja ☐ *nein ☐

- an technischen Einrichtungen (Kabeln, Röhren) : ☐
- an den Bäumen und Sträuchern der Bepflanzungen : ☐
- an der Grasschicht durch Mauslöcher u. -gänge und/oder durch Erdhaufen (Erosionsgefahr) : ☐

Datum : . . . . . Unterschrift : . . . . . .

* Antwortbogen bitte auch bei negativer Antwort zurücksenden.

Office / Centre : . . . . . Routes : . . . . . .

Concerne : DEGATS CAUSES PAR LES PETITS MAMMIFERES (SOURIS ET TAUPES) OU PAR LES LIEVRES LE LONG DES ROUTES NATIONALES ET PRINCIPALES DE SUISSE.

1 Avez-vous eu connaissance de dégâts dûs aux rongeurs (souris), aux taupes ou aux lièvres le long des routes dont vous êtes responsables ? oui ☐ *non ☐

2 Si oui, quelles sont les routes concernées (mentionner si possible le ou les secteurs où les dommages ont été les plus graves) : . . . . . .

. . . . . .

3 Type de dégâts : aux installations techniques (câbles, tuyaux) ☐
aux arbres et arbustes des plantations ☐
aux herbages par les terriers et taupinières (danger d'érosion) ☐

4 Parties des arbres ou arbustes endommagées : racines ☐ base du tronc ☐ branches ☐

4a Localisation des arbres et arbustes : talus ☐ talus à stabilisation naturelle ☐
*carrefour / jonction ☐ terre-plein central ☐ haie de bordure ☐

4b Age de la plantation endommagée : moins de 1 an ☐ 1-3 ans ☐ 4-5 ans ☐
plus de 5 ans : env. . . . . ans

5 Apparition des dégâts : chaque année ☐
seulement certaines années, par ex. : . . . . . .
époque de l'année (saison) : . . . . . .
sur tout le secteur ☐ localement ☐

6 Importance des dégâts :

	faibles	moyens	importants	non déterminés
aux installations techniques	☐	☐	☐	☐
aux arbres et arbustes	☐	☐	☐	☐
par terriers et taupinières (érosion)	☐	☐	☐	☐

6a Ces dégâts ont-ils nécessité :

	oui	non
des réparations aux installations techniques	☐	☐
un remplacement des arbres attaqués	☐	☐
un réensemencement de gazon	☐	☐

6b Estimation du coût (en fr) de la remise en état
pour les dégâts causés durant les trois dernières années (1978-1980) ☐
ou pour les dégâts causés durant l'année à dégâts importants 19 . . ☐
moins de 1000 ☐ 1000 à 5000 ☐ 5000 à 10 000 ☐ plus de 10 000 ☐

7 Des moyens de lutte ont-ils été utilisés contre les animaux responsables de ces dégâts ?
oui ☐ non ☐

7a En pratique, les moyens de lutte ou de protection suivants se sont révélés
sans effet ☐ peu satisfaisants ☐
. . . . . .
. . . . . .

7b En pratique, les moyens de lutte ou de protection suivants se sont montrés satisfaisants (mentionner éventuellement le produit, le toxique ou la machine utilisés) :
. . . . . .
. . . . . .

7c Estimation du coût (en fr) des mesures de lutte contre les rongeurs ou les taupes durant une année à dégâts graves :

Année	Produit	Surface traitée	moins de 100	100 à 500	500 à 1000 fr
. . . .	. . . . .	. . . . .	☐	☐	☐

8 Remarques et observations : . . . . . .
. . . . . .

Date : . . . . . Signature : . . . . . .

*A renvoyer même en cas de réponse négative s.v.pl.

Amtstelle / Werkhof : . . . . . | Strassen : . . . . . .

Betrifft : SCHAEDEN, WELCHE DURCH KLEINSAEUGER (MAEUSE, MAULWUERFE) ODER DURCH HASEN LAENGS DER NATIONAL- UND HAUPTSTRASSEN DER SCHWEIZ VERURSACHT WORDEN SIND.

1 Sind Ihnen Schäden von Nagern (Mäusen), Maulwürfen oder Hasen längs der Strassen, für deren Unterhalt Sie verantwortlich sind, bekannt geworden ? ja ☐ *nein ☐

2 Wenn ja, welche Strassen sind betroffen worden (wenn möglich, den oder die Abschnitte angeben, längs derer die Schäden am erheblichsten waren) : . . . . . .

. . . . . .

3 Art der Schäden : an technischen Einrichtungen (Kabeln, Röhren) : ☐
an Bäumen und Sträuchern der Bepflanzungen : ☐
an der Grasschicht durch Mauslöcher u. -gänge sowie durch Erdhaufen u. -wülste (Erosionsgefahr) : ☐

4 Beschädigte Baum- oder Strauchteile : Wurzeln ☐ Stengelbasis ☐ Zweige ☐

4a Standort der beschädigten Bäume und Sträucher : Böschung ☐ Böschung mit Lebendverbau ☐
Kreuzung / Anschluss ☐ Mittelstreifen ☐ Hecke am Rande der Strasse ☐

4b Alter der beschädigten Bepflanzung : weniger als 1 Jahr ☐ 1-3 J. ☐ 4-5 J. ☐
mehr als 5 J. : ca. . . . . Jahre

5 Erscheinung der Schäden : jedes Jahr ☐
nur in bestimmten Jahren, z.B. : . . . . . .
Jahreszeit : . . . . . .
auf dem ganzen Abschnitt ☐ lokal ☐

6 Bedeutung der Schäden

	schwach	mittelmäss.	stark	unbestimmt
an technischen Einrichtungen	☐	☐	☐	☐
an Bäumen u. Sträuchern	☐	☐	☐	☐
durch Mauslöcher u. -gänge sowie durch Erdhaufen (Erosion)	☐	☐	☐	☐

6 Haben diese Schäden folgende Instandstellungen benötigt ?

	ja	nein
Reparatur der technischen Einrichtungen	☐	☐
Neubepflanzung von Bäumen und Sträuchern	☐	☐
lokale Neubegrünung mit Rasen	☐	☐

6 Kostenschätzung (in Fr) der Instandstellung
für die Schäden der drei letzten Jahren (1978-1980) ☐
oder für die erheblichen Schäden vom Jahre 19 . . ☐
weniger als 1000 ☐ 1000-5000 ☐ 5000-10 000 ☐ mehr als 10 000 Fr ☐

7 Wurden Bekämpfungsmassnahmen gegen diese Schädlinge angewendet ? ja ☐ nein ☐

7a In der Praxis haben sich folgende Bekämpfungs- oder Schutzmassnahmen als
erfolglos ☐ unbefriedigend ☐ erwiesen :
. . . . . .
. . . . . .

7b In der Praxis haben sich folgende Bekämpfungs- oder Schutzmassnahmen bewährt (wenn möglich Produkt, Gift oder angewendete Maschine angeben) :
. . . . . .
. . . . . .

7c Kostenschätzung (in Fr) der Maus- oder Maulwurfsbekämpfung in einem Jahr mit erheblichen Schäden :

Jahr	Produkt	behandelte Fläche	weniger als 100	100-500	500-1000 Fr
. . . . .	. . . . .		☐	☐	☐

8 Bemerkungen : . . . . . .
. . . . . .

Datum : . . . . . Unterschrift : . . . . . .

*Bogen bitte auch bei negativer Antwort zurücksenden