

Echantillonnage des populations de Muridés : influence du protocole de piégeage sur l'estimation des paramètres démographiques

par J.-M. DUPLANTIER, P. ORSINI, M. THOHARI, J. CASSAING et H. CROSET

*Institut des Sciences de l'Evolution (L.A. 327),
Université des Sciences et Techniques du Languedoc,
Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex*

A la lumière de leur expérience dans l'échantillonnage des Muridés en région méditerranéenne et en forêt tropicale, les auteurs discutent les différentes conditions préalables à l'utilisation de l'indice de Lincoln.

Ils démontrent, à l'aide d'exemples concrets, les biais importants dus : à la capture elle-même sur l'état physiologique des animaux ; au marquage sur la probabilité de recapture des animaux marqués ; à l'influence de la maille de piégeage et de la taille du quadrat échantillonné sur l'estimation des densités de populations et sur celle des domaines vitaux.

Ils analysent les conséquences de ces biais sur la connaissance des structures sociale et génétique. Ils proposent un protocole de piégeage permettant de pallier, en partie, ces difficultés et indiquent une méthode originale de calcul de la maille optimale.

INTRODUCTION

Toute interprétation de processus écologiques est liée à la qualité des informations recueillies *in natura* et donc, en premier lieu, à la qualité de l'échantillonnage : il ne sert à rien, comme le soulignaient déjà Meunier et Solari (1979), « d'habiller » les données de terrain d'un savant arsenal statistique et mathématique si ces données de base sont entachées d'erreurs élémentaires.

Or, malgré les nombreux travaux réalisés dans le monde sur le dénombrement des populations animales, des incertitudes subsistent encore quant aux protocoles à mettre en œuvre pour déterminer la taille et la structure de ces populations. Ceci est particulièrement vrai pour ce qui concerne l'estimation des populations de rongeurs, animaux généralement nocturnes et si discrets qu'il est impossible de les observer directement. C'est pourquoi la plupart des données relatives à ce groupe découlent de protocoles mettant en œuvre la capture de l'animal par piégeage.

Dans le protocole le plus souvent utilisé par les mammalogistes, une grille de pièges régulièrement espacés permet la capture d'une fraction x d'une population de taille inconnue N . Une deuxième capture prélève n individus comportant m animaux marqués. On en déduit, après Petersen (1896) (*in* Meunier et Solari, 1979) et Lincoln (1930), que $x/N = m/n$ d'où l'on tire que

$N = n \cdot x/m$ et $\text{var } N = x^2 \cdot n / (n - m) m^3$ (Welch, 1960 in Southwood, 1966).

Le principe de la méthode repose donc sur une simple équation de dilution ; son application à des êtres vivants doués d'un comportement complexe implique en fait 7 conditions extrêmement contraignantes, bien connues des zoologistes (Southwood, 1966 ; Spitz, 1969 ; Smith et coll., 1975 ; Croset et coll., 1976,...) :

1. la population est échantillonnée au hasard, ce qui signifie que les animaux des deux sexes et des différentes classes d'âge sont capturés dans les proportions dans lesquelles ils existent ;

2. la marque est inaltérable et n'affecte pas la survie des animaux marqués ;

3. les animaux marqués se mélangent au hasard dans la population non marquée ;

4. la première capture n'affecte pas la probabilité qu'a l'animal d'être capturé une seconde fois ;

5. captures et recaptures sont réalisées au cours de deux périodes séparées dans le temps, et le temps de piégeage est court au regard du temps qui sépare ces deux périodes ;

6. il n'y a ni naissances ni morts entre le temps de la capture et celui de la recapture ;

7. il n'y a ni émigration ni immigration entre ces deux événements.

Les implications de cet ensemble de conditions ont donné lieu à de nombreuses considérations théoriques et à quelques vérifications expérimentales seulement. Les recommandations des spécialistes de l'échantillonnage sont donc fondées bien plus sur le raisonnement logique que sur des résultats objectifs ; leurs conclusions sont, de ce fait, souvent contradictoires, chaque auteur ayant sa logique propre... qui n'est pas forcément celle de l'animal étudié !

Nous nous proposons, dans ce travail, de mettre en évidence les biais inhérents à l'expérimentation. Nous tenterons d'en déduire les meilleures conditions expérimentales possibles.

MATERIELS ET METHODES

Nos recherches méthodologiques ont été réalisées d'une part dans le sud de la France, en région méditerranéenne, sur *Mus musculus domesticus* Rutty, 1772, *Mus spretus* Lataste, 1883 et *Apodemus sylvaticus* L., 1758 (Cassaing, 1982 ; Croset, 1982 ; Orsini, 1982 ; Orsini et coll., 1982 ; Thohari, 1983), d'autre part en forêt tropicale humide, au Gabon, principalement sur *Hylomyscus stella* Thomas, 1911, *Hylomyscus fumosus* Brosset, Dubost et Heim de Balsac, 1965, *Praomys tullbergi minor* Hatt, 1934 et *Deomys ferrugineus* Thomas, 1888 (Duplantier, 1982).

Dans le sud de la France, nous avons utilisé des pièges grillagés, type « Manufrance », appâtés à l'aide de boulettes constituées d'un mélange de sardines, d'huile d'olive, de farine et d'eau. Au Gabon, nous avons employé des pièges « Sherman » appâtés à la noix de palme (*Elaeis guineensis*). Les pièges ont été disposés en quadrats de 1 à 20 ha selon une maille variant de 6 à 30 mètres. Les animaux capturés ont été marqués par amputation de

2 phalanges au maximum par patte. Tous les animaux marqués ont été relâchés à leur point de capture. Certains de ces animaux ont, par ailleurs, été suivis par « radio-tracking » (Duplantier, 1982) ou par pistage fluorescent (Duplantier et coll., à paraître) ce qui nous a permis de discuter les résultats obtenus par capture-recapture.

° RESULTATS

A. — EFFET DE LA CAPTURE

Malgré toutes les précautions que l'on peut prendre (présence de nourriture et de litière dans les pièges, protection contre la pluie, relevé des pièges à 23 heures et le matin au lever du jour), il est difficile d'abaisser la mortalité au-dessous de 4 à 5 % de l'effectif capturé. Sans ces précautions, la mortalité atteint 20 % et plus.

La capture de l'animal entraîne, par ailleurs, un « stress » important qui se traduit par une perte de poids entre la capture et la recapture. Ce stress touche même des animaux déjà habitués au piège et à la manipulation par l'homme, en dehors de tout effet de la marque; chez *Apodemus sylvaticus*, par exemple, on a mesuré entre 2 captures une perte moyenne de poids de 6 % en mars 1980 (variance = 1,73 pour $n = 60$) et de 11,6 % en décembre 80 (variance = 7,0 pour $n = 19$).

B. — EFFET DU MARQUAGE

Il n'est pas possible d'estimer directement l'effet de la marque, mais la comparaison des pourcentages d'animaux recapturés selon le nombre de doigts amputés lors du marquage montre que cette opération influence fortement la probabilité de recapture (tableau 1). On note, en particulier, que les individus

TABLEAU 1. — Influence de la marque sur la probabilité de recapture dans une série d'expériences portant sur le mulot, *Apodemus sylvaticus*. Le pourcentage d'animaux recapturés varie de 62 % à 19 % selon le nombre de doigts marqués. L'hypothèse de la non influence de la marque doit être rejetée ($\text{Chi}^2 = 14,6$ pour 3 ddl; $p = 0,01$).

Nombre de doigts nouvellement amputés à la capture	0 (animaux marqués lors d'une capture précédente).				TOTAUX
	1 ou 2	3 ou 4	4 ou 6		
Animaux capturés	122 (137,7)	12 (11,8)	101 (97,4)	69 (57,0)	304
Animaux recapturés	76 (60,3)	5 (5,2)	39 (42,6)	13 (25,0)	133
TOTAUX	198	17	140	82	457
% d'animaux recapturés	62,5	41,6	38,6	18,8	$\text{X}^2 = 14,6$

nouvellement marqués sont recapturés dans 25 % des cas seulement en moyenne. Il en résulte que l'amplitude de la variation des effectifs au cours des saisons est fortement surestimée: sur un quadrat de 20 ha situé en bord de mer (Domaine de la Figueirasse, près de Grau du Roi), l'effectif apparent d'*Apodemus sylvaticus*, tel qu'il est estimé par l'indice de Lincoln, a varié entre 20 et 400 individus en 1980 alors que, si l'on tient compte de l'effet du marquage, la variation n'est que de 20 à 200.

Soient, en effet, les deux situations biologiques extrêmes que l'on rencontre sur le littoral méditerranéen en fin d'automne et au printemps :

Situation 1 : — fin de période de reproduction automnale ;

— structure de la population : 90 % d'individus jeunes qui n'ont donc pas encore été marqués antérieurement ;

— densité estimée par le nombre d'animaux répertoriés sur le quadrat : 10 micromammifères à l'hectare.

Situation 2 : — fin de la période de survie hivernale sans reproduction ;

— structure de la population : 90 % d'individus âgés dont 85 % ont déjà été marqués au cours de l'échantillonnage précédent (dans notre protocole, environ 60 % de la population est marquée à la capture et 60 % des 40 % restant à la recapture soit environ 85 % durant ces deux événements) ;

— densité estimée par le nombre d'animaux répertoriés sur le quadrat : 1 individu à l'hectare.

Estimation pour un quadrat de 20 hectares s'il n'y avait pas d'autres biais que celui du marquage :

Situation 1 : — effectif : $20 \times 10 = 200$ animaux ;

— capture : $200 \times 60/100 = 120$ individus dont $120 \times 90\% = 108$ jeunes et 12 adultes. Parmi ces derniers, 10 (soit 85 %) sont déjà marqués. 2 adultes et 108 jeunes sont amputés ;

— recapture : $200 \times 60\% = 120$ individus dont $120 \times 90\% = 108$ jeunes et 12 adultes dont 10 marqués pendant les séquences antérieures d'échantillonnage.

Parmi les 110 animaux restant (108 jeunes + 2 adultes), $110 \times 25\%$, soit environ 28 ont été marqués pendant la séquence de capture. Chez les 10 adultes anciennement marqués $10 \times 60\% = 6$ avaient déjà été repérés à la capture d'où l'estimation de N donnée par :

$120/N = (28 + 6)/120$, et N estimé est voisin de 424 tandis que N observé n'est que de 200.

Situation 2 : — effectif observé du quadrat de 20 hectares : 20 animaux ;

— capture : $20 \times 60\% = 12$ individus comportant $12 \times 90\% = 11$ adultes et 1 jeune. $11 \times 85\% = 9$ adultes sont déjà marqués depuis l'échantillonnage précédent et 3 animaux (1 jeune et 2 adultes) sont amputés ;

— recapture : 12 individus comportant 9 adultes vus au cours des expériences précédentes. Ceux-ci comportent $9 \times 60\%$, soit environ 5 individus repérés à la capture ; $3 \times 25\%$, soit environ 1 individu a été amputé à la dernière capture d'où l'estimation de N donné par la relation de l'indice de Lincoln :

$12/N = (5 + 1)/12$ et N estimé vaut 24 pour un N observé de 20.

C. — EFFET DE LA MAILLE DE PIÉGEAGE UTILISÉE

La zone de piégeage n'est pas close et il peut y avoir émigration et immigration. Les auteurs qui ont utilisé la méthode tentent de pallier cette difficulté par le raisonnement suivant : l'animal étant capturé dans plusieurs pièges successifs, il est possible de calculer une distance moyenne de recaptures successives (D.R.S. de Spitz, 1969 ou « Average D » de Brant, 1962). On estime alors, suivant Brant, que l'effet de bordure du quadrat a une largeur égale à la D.R.S. Il est possible, dès lors, de calculer une densité corrigée : la D.R.S. du mulot, *Apodemus sylvaticus*, étant, par exemple, de 15 mètres, une grille de piégeage de 100 m sur 100 m drainerait en fait une zone de 130 m sur 130 m, soit 1,69 hectare au lieu de l'hectare.

Or, nos observations montrent que la D.R.S. dépend, avant tout, pour ce qui concerne les Muridés que nous avons étudiés, du protocole de piégeage : en augmentant la maille piégeage, la D.R.S. augmente corrélativement (fig. 1) pour atteindre 100 m et plus pour le mulot sylvestre en milieu ouvert. En

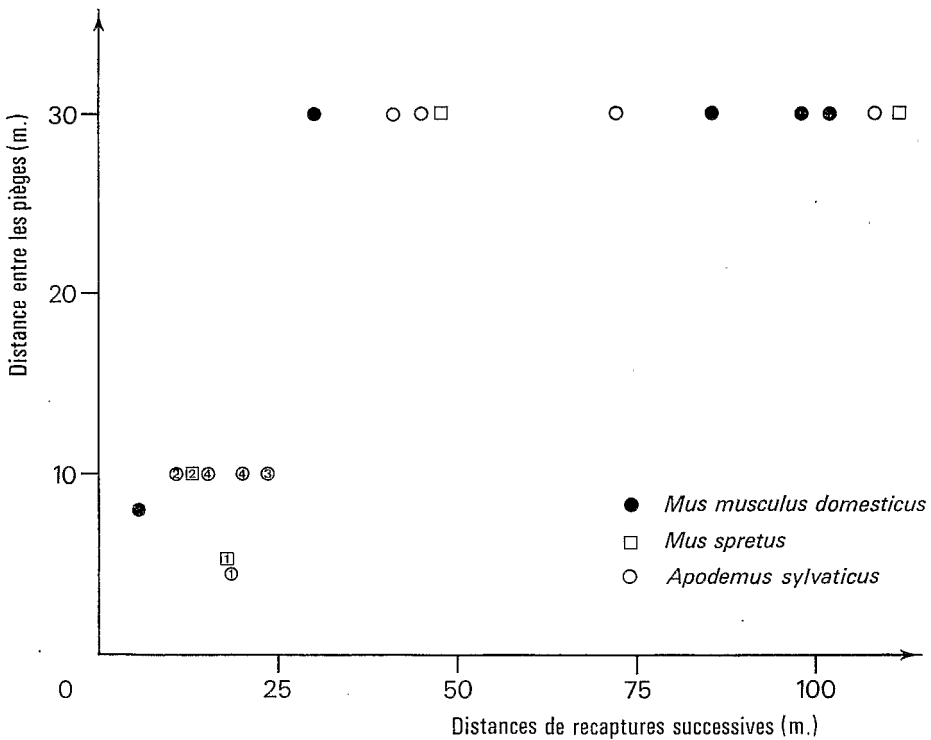


Fig. 1. — Variations de la distance moyenne de recaptures successives (D.R.S.) avec la maille de piégeage utilisée (1 : Roux et Wahl, 1979 ; 2 : Orsini, 1979 ; 3 : Treussier, 1975 ; 4 : Le Louarn et coll., 1969 ; données non numérotées : auctores).

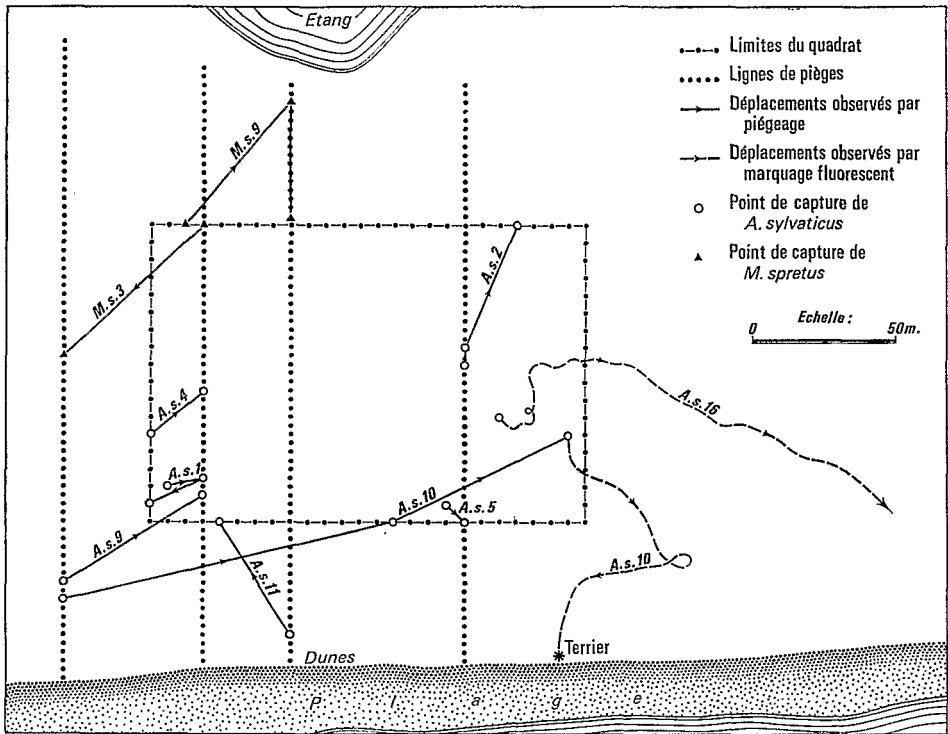
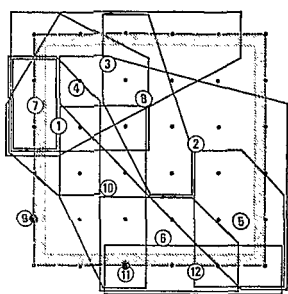


Fig. 2. — Influence d'un quadrat de piégeage de 1,5 ha (maille de 6 m) analysée par la mise en place de lignes de contrôle et par pistage d'animaux marqués à l'aide de poudres fluorescentes. Les déplacements observés du mulot n° 10 sont supérieurs à 300 mètres, ceux du n° 16, dont on n'a pas retrouvé le terrier, sont supérieurs à 150 mètres.

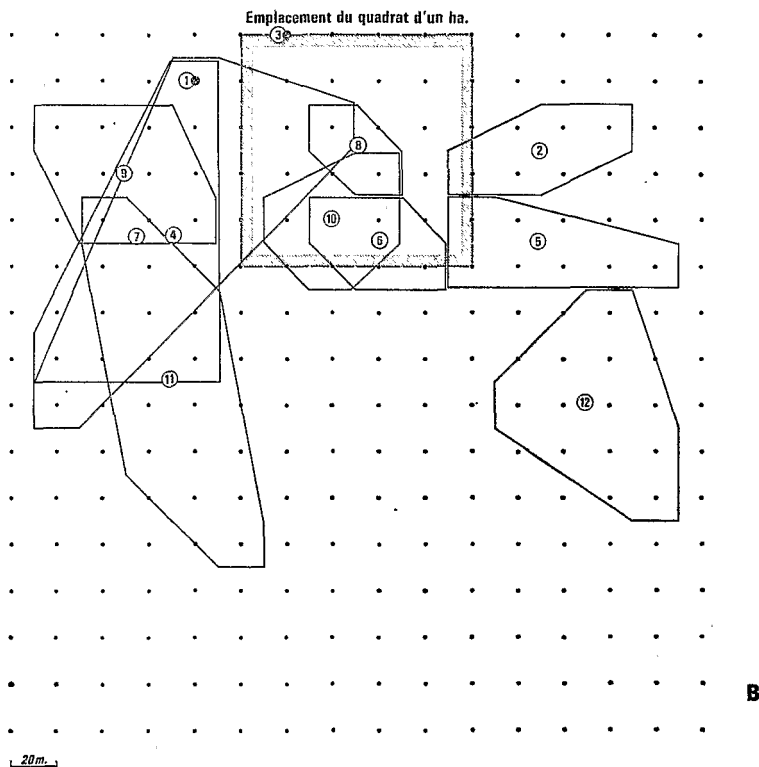
TABLEAU 2. — Comparaison entre les données obtenues par piégeage sur des quadrats de 1 ha et de 9 ha en forêt tropicale primaire au Gabon (Duplantier, 1982).

	Surface du Quadrat	Nombre d' <i>H. stella</i> capturés	Population estimée	D.R.S.	Surface piégée	Densité à 1 hectare	Superficie moyenne du domaine vital
JUIN 81	1 Ha	18	18	19,9 m	1,95 Ha	9,2	♂ 2933 m ² ♀ 1680 m ²
JUILLET 81	9 Ha	35	37	32,9 m	13,38 Ha	2,8	♂ 4689 m ² ♀ 2446 m ²

QUADRAT D'UN HECTARE



- Point de piégeage
- *H. stella* capturés une seule fois



QUADRAT DE 9 HECTARES

Fig. 3. — Domaines vitaux d'*Hylomyscus stella* estimés d'après captures sur un quadrat de 1 ha et sur un quadrat de 9 ha. Les mêmes individus sont capturés à 20 jours d'intervalle. Les domaines vitaux apparents sont directement liés au protocole expérimental (Duplantier, 1982).

échantillonnant, par exemple, un quadrat de 150 m/100 m (maille de 6 m), on trouve une D.R.S. de 29 m pour le mulot alors que certains individus suivis par pistage fluorescent ont parcouru 100 à 150 m (fig. 2).

Cette D.R.S. varie d'ailleurs également pour une maille donnée, avec la taille du quadrat échantillonné.

D. — EFFET DE LA TAILLE DU QUADRAT SUR L'ESTIMATION DU DOMAINE VITAL

Dans nos expériences réalisées en France, les estimations des effectifs d'*Apodemus sylvaticus* par différentes méthodes statistiques ne convergent vers un même résultat que dans le cas où l'échantillonnage est réalisé sur très grand quadrat (Thohari, 1983).

L'expérience suivante, réalisée au Gabon (Duplantier, 1982), confirme et explique ce résultat.

Au mois de juin 1981, un quadrat de 1 ha est échantillonné pendant 20 jours à l'aide de pièges « Sherman » appâtés et espacés de 20 m, ce qui permet la capture de Muridés parmi lesquels on compte 12 *Hylomyscus stella*.

La plupart de ces animaux étant capturés plusieurs fois, il est possible de représenter leur domaine vital apparent (fig. 3A). Quinze jours plus tard, ce même quadrat est à nouveau échantillonné pendant 20 jours sans changer la maille, en même temps qu'un quadrat plus grand (9 ha) dans lequel il est inclus. Dix *Hylomyscus stella* précédemment capturés sont recapturés à plusieurs reprises ce qui permet une nouvelle représentation de leur domaine vital (fig. 3B). Le tableau 2 indique, pour ces deux expériences, les principales données obtenues : on constate que le domaine vital apparent sur grand quadrat est, en moyenne, 1,5 fois plus grand que le domaine vital apparent du même animal sur petit quadrat et que le domaine vital apparent sur petit quadrat est souvent entièrement différent de celui que l'on estime par le grand quadrat. On note, en particulier, que le piégeage sur petit quadrat donne l'image d'une population non agrégée dans l'espace, les domaines vitaux se recouvrant largement. A l'inverse, le piégeage sur grand quadrat fait clairement apparaître une disjonction de certains domaines. Les deux images obtenues impliquent des hypothèses opposées en ce qui concerne la structure sociale et l'écoulement des flux génétiques.

E. — EFFET DU VENT SUR L'ORIENTATION DES DÉPLACEMENTS

Il résulte des observations précédentes qu'une zone de 1 ha draine, en fait, les animaux qui proviennent d'une centaine de mètres autour du quadrat (9 ha environ).

On observe par ailleurs, que, dans les régions ventées, les captures successives d'un même animal sont alignées dans le lit du vent (fig. 4) : si le vent tourne entre la capture et la recapture, la zone d'influence de la grille de piégeage varie également (fig. 5) et tout se passe comme s'il y avait émigration d'animaux marqués et immigration d'animaux non marqués entre la capture et la recapture, ce qui tend encore à surestimer l'effectif (donc, en toute rigueur, x/N est différent de m/n , car, alors, la condition 7 du modèle n'est pas vérifiée).

Le déplacement préférentiel des animaux dans le lit du vent est un

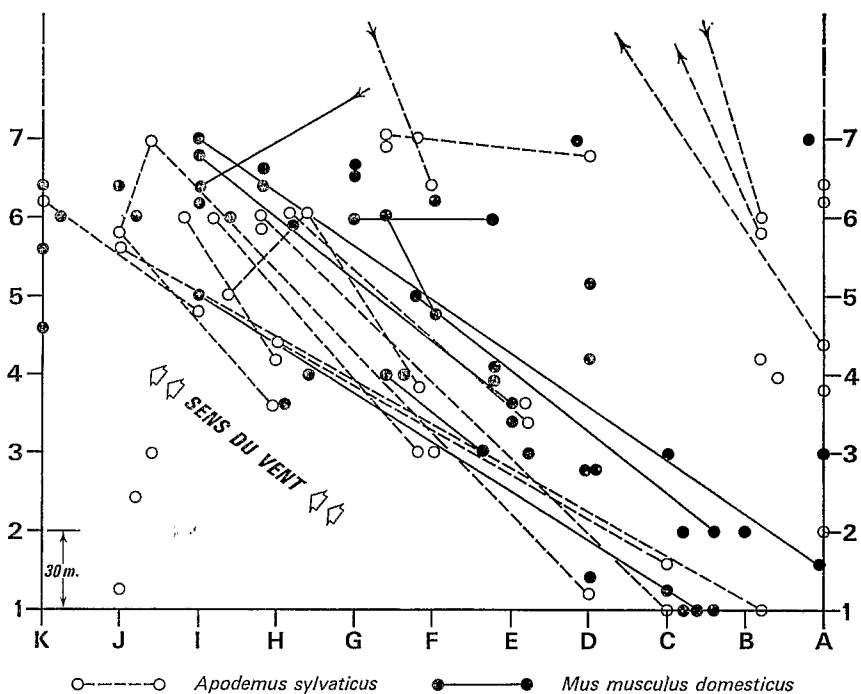


Fig. 4. — Influence du vent sur l'orientation des déplacements d'*Apodemus sylvaticus* et de *Mus musculus domesticus* en Petite Camargue.

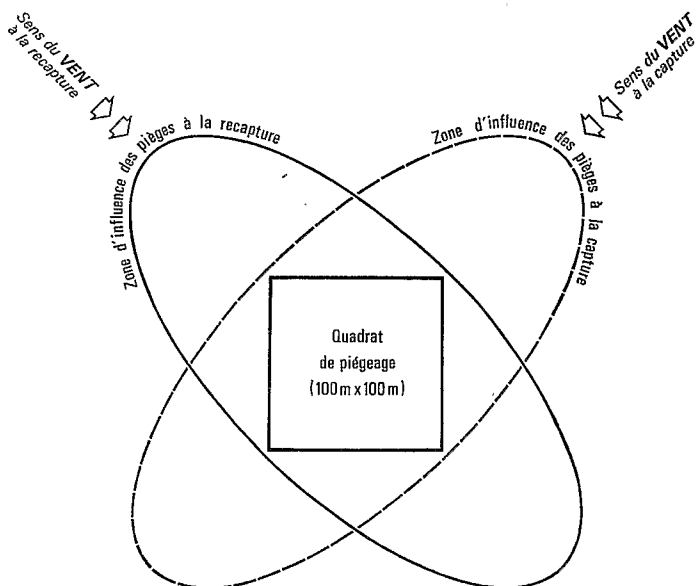


Fig. 5. — Schéma théorique montrant comment varie la zone d'influence d'un quadrat de piégeage entre la capture et la recapture si le vent « tourne » entre ces deux événements: tout se passe comme s'il y avait émigration d'animaux marqués et immigration d'animaux non marqués.

comportement très intéressant qui devrait, nous semble-t-il, retenir l'attention des comportementalistes : nous utilisons, dans nos expériences portant sur les Muridés méditerranéens, un appât dont l'odeur est très puissante et on aurait pu penser que son effet se fasse sentir uniquement du côté du quadrat

TABLEAU 3. — Effet de bordure lié au vent dans un quadrat de 18 ha (600 mètres / 300 mètres) en Petite Camargue (La Figueirasse, novembre 1980). Cet effet est surtout marqué vis-à-vis du mulot, du côté du quadrat situé « au vent ».

Lignes piégées	Nombre d'emplacements de piégeage	<u>Mus musculus domesticus</u>	<u>Apodemus sylvaticus</u>
2 lignes au vent	44	19 (18,30)	41 (32,32)
7 lignes de milieu, de quadrat	145	57 (60,31)	102 (106,50)
2 lignes sous le vent	37	18 (15,39)	23 (27,18)
TOTAUX	226	94	166

situé sous le vent ; or, dans toutes nos expériences, l'effet de bordure est aussi puissant au vent que sous le vent pour la souris domestique, et nettement plus marqué au vent pour le mulot sylvestre (tableau 3).

DISCUSSION

Nos observations montrent que l'estimation des déplacements et celle, corrélative, des paramètres démographiques d'une population de Muridés sont directement liés aux protocoles grâce auxquels ils ont été obtenus. Ce fait avait déjà été souligné par Faust et coll. (1971) et pressenti par de nombreux auteurs qui n'avaient pas, cependant, tiré les conséquences méthodologiques qui s'imposent.

Les rongeurs n'errent pas au hasard à l'intérieur de leur domaine vital mais empruntent préférentiellement les écotones et les accidents topographiques (murets, fossés, buttes, arbres tombés à terre) qui constituent de véritables « autoroutes » (« runways » des auteurs anglo-saxons) pour petits mammifères. De ce fait, le domaine vital d'un Muridé ressemble bien plus à un réseau irrégulier calqué sur la structure du milieu qu'à une surface géométrique (Croset, 1982).

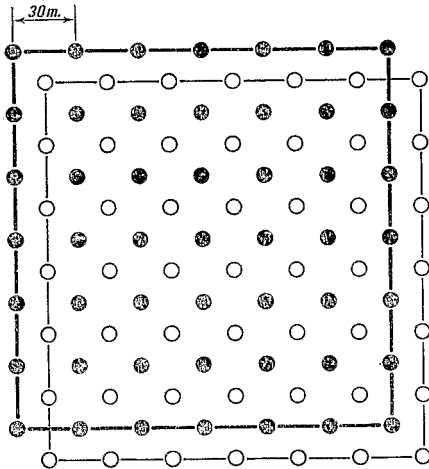
Il n'existe pas, alors, de solution toute faite au problème crucial de l'estimation des paramètres démographiques et de celle des domaines vitaux. Il semble cependant possible de définir une ligne d'approche qui devrait permettre d'éviter les erreurs les plus grossières.

PROPOSITIONS

On a vu que le marquage par amputation n'est pas neutre; s'il n'existe actuellement aucune technique de marquage satisfaisante, c'est cependant un problème qui devrait retenir l'attention des mammalogistes (nous expérimentons actuellement l'utilisation de petits colliers de plastique numérotés; les résultats obtenus sont très satisfaisants au laboratoire mais il reste à mettre la technique à l'épreuve du terrain).

On a vu, également, qu'un quadrat n'est jamais trop grand: d'une part, en effet, plus de 80 % des individus piégés sur un quadrat de 100 m/100 m avaient leur terrier en dehors de la zone échantillonnée et, d'autre part, les estimations des effectifs ne convergent que dans les protocoles utilisant des zones de capture supérieures à 10 ha pour un animal de la taille d'une souris (Thohari, 1983). En fait, le quadrat devrait, toutes les fois que cela est matériellement possible, couvrir une vingtaine d'ha de façon à ce que l'effet de bordure soit limité et n'ait pas une telle influence sur l'allure des courbes démographiques.

Pour choisir la maille de piégeage optimale, on utilise d'abord une maille que l'on pense être trop grande (50 mètres, par exemple, pour le mulot sylvestre); le premier piégeage est réalisé selon cette maille sur un très grand quadrat (10 à 20 ha) où les animaux sont marqués et relâchés à leur point de capture (points indiqués en noir sur la fig. 6); la recapture est réalisée sur cette même grille à laquelle on ajoute une grille intercalée (points indiqués en blanc sur la fig. 6).



- Emplacements des pièges à la capture et à la recapture
- Emplacement des pièges à la recapture

Fig. 6. — Recherche de la maille optimale de piégeage: la capture est réalisée selon une maille très grande (30 à 50 mètres); les animaux sont marqués et relâchés à leur point de capture; la recapture est réalisée selon cette même grille et, en même temps, selon une grille intercalée; une maille de piégeage trop grande se traduit par un excès d'animaux marqués à la grille de capture.

Si la première maille de capture est trop grande, on observe, à la recapture, un excès d'animaux marqués sur la grille « noire » par rapport à la grille « blanche ».

En revanche, si les pourcentages d'animaux marqués capturés sur les deux grilles ne sont pas statistiquement différents (test de Chi²), la première maille utilisée est correcte ou trop petite. Dans ce cas un nouvel essai permet de trancher entre ces deux possibilités (Croset, 1982).

Ce raisonnement n'est toutefois valable que dans la mesure où au moins un piège reste libre en chaque point de la grille de capture: l'expérience montre, en effet, que les premiers animaux piégés sont ceux dont le terrier est plus proche du piège: si les pièges sont trop peu nombreux, ils sont saturés avant que les individus les plus éloignés ne puissent les occuper.

Nous avons pu vérifier, par ce protocole, qu'une maille de 30 mètres est encore trop petite pour l'échantillonnage des populations de mulots sylvestres et de souris domestiques en Petite Camargue. Cette maille est légèrement trop large pour le mulot en garrigue à chêne kermès.

CONCLUSION

De grandes différences de domaines vitaux apparents peuvent résulter soit de la dimension du quadrat échantillonné, soit de celle de la maille utilisée. Les modalités du marquage lui-même et du piégeage influent également sur les résultats obtenus.

Or les erreurs d'échantillonnage induisent des hypothèses explicatives erronées qui risquent de conduire à une complète incompréhension des mécanismes de régulation des populations naturelles et à une image déformée de leur structure sociale et génétique.

SUMMARY

Based on their experience in sampling mediterranean and tropical Muridae, the authors discuss preliminary conditions when using the Lincoln Index. Through concrete examples, they develop the errors due to the influence: of the capture itself on the physiological condition of the animal; of trap spacing and grid size on the estimation of population densities and home range.

They analyse the consequences of these errors on the study of social and genetic structures. They propose a sampling procedure to avoid these difficulties and a new method to evaluate the best intertrap distance.

BIBLIOGRAPHIE

- BRANT, D.H., 1962. — Measures of the movements and population densities of small rodents. *Univ. of California, Publications in Zoology*: 103-175.
- CASSAING, J., 1982. — *Les populations sauvages de souris du Midi de la France (Mus musculus domesticus et Mus spretus): approche étho-écologique et conséquences évolutives*. Thèse de 3^e cycle, USTL Montpellier, 159 p.

- CROSET, H., 1982. — *Vers une approche écologique des processus évolutifs*. Exposé de travaux, USTL, 77 p.
- CROSET, H., B. PAPIEROK, J.A. RIOUX, A. GABINAUD, J. COUSSERANS, et D. ARNAUD, 1976. — Absolute estimates of larval populations of Culicid mosquitoes: comparison of « capture-recapture », « removal » and « dipping » methods. *Ecological Entomology*, 1: 252-256.
- DUPLANTIER, J.M., 1982. — *Les rongeurs myomorphes forestiers du Nord-Est du Gabon: peuplements, utilisation de l'espace et des ressources alimentaires, rôle dans la dispersion et la germination des graines*. Thèse de 3^e cycle, USTL Montpellier, 129 p.
- DUPLANTIER, J.M., J. CASSAING, Ph. ORSINI, et H. CROSET. — Utilisation de poudres fluorescentes pour l'étude des déplacements de petits rongeurs dans la nature. *Mammalia* (sous presse).
- FAUST, B.F., M.H. SMITH, et W.B. WRAY, 1971. — Distances moved by small mammals as an apparent function of grid size. *Acta Theriol.*, 16: 161-177.
- LE LOUARN, H., F. SPITZ, et B. DASSONVILLE, 1969. — Expérimentation de piégeage en ligne sur des populations marquées de divers Rongeurs forestiers et montagnards. *Symp. méthodes estimation pop. Mam.*, Twarmine, 8 p.
- LINCOLN, F.C., 1930. — Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *U.S.D.A. Circ.*, 118: 1-4.
- MEUNIER, M., et A. SOLARI, 1979. — Estimation de la densité de population à partir des captures-recaptures: application au campagnol des champs. *Mammalia*, 43: 1-24.
- ORSINI, Ph., 1979. — Notes sur les Souris de Provence. *Ann. Soc. Sc. Nat Arch. Toulon et Var*, 31: 168-173.
- ORSINI, Ph., 1982. — *Facteurs régissant la répartition des souris en Europe: intérêt du modèle souris pour une approche des processus évolutifs*. Thèse de 3^e cycle, USTL Montpellier, 134 p.
- ORSINI, Ph., J. CASSAING, J.M. DUPLANTIER, et H. CROSET, 1982. — Premières données sur l'écologie des populations naturelles de souris *Mus spretus* Lataste et *Mus musculus domesticus* Ruddy dans le Midi de la France. *Terre et Vie*, 36: 321-336.
- PETERSEN, C.G.J., 1896. — The yearly immigration of young plaice into the Linyford from the German sea. *Rept. Danish. biol. Sta.*, 6: 1-48.
- ROUX, J.P., et M. WAHL, 1979. — *Etude du peuplement et de l'écologie des micro-mammifères dans un bois de Chêne vert*. Mémoire C4 Ecologie, Univ. Montpellier, 48 p.
- SMITH, M.H., R. BLESSING, J.G. CHELTON, J.B. GENTRY, F.B. GOLLEY, et J.T. MACGINNIS, 1971. — Determining density for small mammal populations using a grid and assessment lines. *Acta Theriol.*, 16: 105-125.
- SOUTHWOOD, T.R.E., 1966. — *Ecological methods*. Chapman and Hall Ltd., London, 391 p.
- SPITZ, F., 1969. — L'échantillonnage des populations de petits mammifères. In: *L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*, M. LAMOTTE et F. BOURLIÈRE, Eds. Masson & Cie, Paris, 303 p.
- THOHARI, M., 1983. — *Méthodes d'étude des populations naturelles de Muridés*. Thèse de 3^e cycle, USTL Montpellier, 276 p.
- TREUSSIER, M., 1975. — *Contribution à l'étude du peuplement micromammalien de l'Aigoual et des Causses*. Thèse 3^e cycle, USTL Montpellier, 174 p.
- WELCH, H.E., 1960. — Two applications of method of determining the error of population estimates of mosquito larvae by the mark and recapture technique. *Ecology*, 45: 406-410.

DUPLANTIER *et al.*, 1984, n° ①

EXTRAIT DE

MAMMALIA

Revue trimestrielle
publiée avec le concours
du
Centre National de la Recherche Scientifique



55, rue de Buffon
75005 PARIS

Fonds Documentaire ORSTOM



010006671