

INSTITUT FRANCAIS DE
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT
EN COOPERATION
(ORSTOM)

CENTRE PASTEUR
DU
CAMEROUN

(C.P.C.)

BIOLOGIE DES VECTEURS DE LA LOASE DANS UN VILLAGE FORESTIER
DU CENTRE DU CAMEROUN. ETUDE DE LA DISPERSION.

Par

J.P. CHIPPAUX, B. BOUCHITE,
M. DEMANOU, G. LEGOFF,
S. RANQUE, I. MORLAIS,
M. BOUSSINESQ, V. ROBERT et J.-P. EOUZAN

Document de l'Antenne ORSTOM
auprès du Centre Pasteur N° 8/94-1994

27 MARS 1995

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 41546 ex 1
Cote : B

1. INTRODUCTION.

L'efficacité de l'ivermectine sur les charges microfilariennes sanguines de *Loa loa* permet d'envisager le traitement à large échelle des populations vivant en régions où la loase est endémique afin de réduire la transmission du parasite. Nous avons mené de janvier 1992 à mars 1993 une surveillance parasitologique et entomologique d'une année à Ngat, village forestier de la Province du Centre (Cameroun). Puis, nous avons traité les volontaires habitant Ngat contre la loase à la dose de 200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ d'ivermectine tous les trois mois.

L'évolution du réservoir de parasites dans la population humaine a été suivie avant et après traitement, pour en évaluer les variations à l'aide de prélèvements trimestriels effectués depuis mars 1992. Les résultats de cette étude seront donnés et commentés par ailleurs; ils confirment la baisse significative de la densité microfilarienne après traitement.

En ce qui concerne le peuplement de vecteurs (*Chrysops dimidiata* et *C. silacea*), nous avons mesuré, grâce à des captures bimensuelles, le taux d'infection chez les femelles de chacune des deux espèces, à partir de mai 1992, un an avant le premier traitement collectif en avril 1993. Ce suivi longitudinal du taux d'infection, sera décrit à la fin de la première année de traitement à large échelle. Il doit permettre d'évaluer globalement l'impact du traitement par ivermectine sur la transmission de *Loa loa*.

En l'absence d'informations précises sur l'écologie des chrysops, nous avons émis l'hypothèse d'une densité de vecteurs faible et d'une distance de vol réduite à quelques kilomètres. Pour mieux préciser ces paramètres essentiels, nous avons procédé à une opération de marquage-recapture au début de la saison des pluies, en mai 1993. Une opération similaire a été effectuée en avril 1994 après des modifications sensibles du protocole.

2. MATERIEL ET METHODE.

a) Terrain d'étude (figure 1).

Ngat est un village forestier situé dans un bloc de forêt secondarisée à 15 kilomètres au Sud de Mbalmayo. Le village s'étend le long d'une piste carrossable d'une dizaine de kilomètres, grossièrement orientée selon un axe Nord-Est/Sud-Ouest. La piste est bordée de plantations vivrières et de cacaoyères accessibles grâce à un réseau de layons bien tracés. Les habitations sont toutes placées au bord de la piste.

La population du village est d'environ 500 habitants permanents.

b) Données météorologiques.

Nous avons obtenu la pluviométrie, la température et l'humidité relative mesurées à la station de l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA) située à 8 kilomètres au Nord-Ouest de Ngat pour toute la période d'étude.

La pluviométrie observée est sensiblement différente pour chacune des trois années d'étude (figure 2). Nous avons attendu que la saison des pluies soit bien installée en mai 1993 pour lancer l'opération marquage-recapture. Durant la saison sèche de 1994, il a été enregistré une relative abondance et une plus grande régularité des pluies, ce qui nous a conduit à effectuer l'opération de marquage-recapture en avril 1994. C'est en effet à cette période que la densité de chrysops est la plus importante.

c) Captures préliminaires.

Elle avait le double objectif d'évaluer le type de distribution spatiale des chrysops et de fournir un effectif important de chrysops pour l'opération de marquage-recapture. La fréquence de captures comprenant un nombre déterminé de chrysops permet de vérifier à quel type de distribution statistique correspond la répartition spatiale des chrysops.

Nous avons posté des captureurs munis d'un filet le long de la piste et des layons ou dans les plantations sur l'ensemble du terrain d'étude. Ils étaient 25 en 1993 et 28 en 1994. Ils ont été placés à

environ 500 mètres les uns des autres. La zone échantillonnée au cours de l'opération de capture préliminaire peut être évaluée à une quinzaine de kilomètres carrés. Les chrysops ont été récoltés individuellement dans des tubes à hémolyse bouchés avec du coton cardé. Les chrysops ont été identifiés et dénombrés au fur et à mesure des captures, puis placés dans une bouteille en plastique de 1500 ml jusqu'au soir en attendant d'être marqués et relâchés le jour même.

d) Marquage et lâcher.

Nous avons utilisé des poudres fluorescentes de trois couleurs différentes en fonction du jour de lâcher. La poudre est versée dans la bouteille contenant une centaine de chrysops et répartie par rotation lente de la bouteille en position horizontale. En 1993, les chrysops marqués en rouge ont été lâchés le premier jour, ceux marqués en jaune le troisième jour et en vert le quatrième. Le deuxième jour, il n'y a pas eu de lâcher en raison du mauvais temps. En 1994, nous avons remplacé la poudre verte par de la poudre bleue plus facile à identifier. Le lâcher des chrysops colorés en rouge a eu lieu le premier jour, celui des chrysops marqués en jaune, le second jour et le troisième nous avons lâché les chrysops marqués en bleu. La poudre est versée dans la bouteille contenant une centaine de chrysops et répartie par rotation lente de la bouteille en position horizontale.

En 1993, les lâchers ont tous eu lieu au même endroit, au centre de la zone d'étude, dans une clairière située à environ 1 kilomètre de la piste qui la contourne (figure 3). En 1994, les lâchers ont été effectués à partir de trois points situés en périphérie de la zone, respectivement à l'ouest, au nord et au sud (figure 4). Les chrysops récoltés au cours de la journée de capture préliminaire ont été relâchés ensemble, le soir au coucher du soleil. Les bouteilles étaient vidées sur une table. Après l'envol des chrysops, les individus morts ou incapables de s'envoler étaient récupérés pour identification et dénombrement afin de les déduire de l'effectif de lâcher.

e) Recapture.

En 1993, la capture des chrysops marqués a été effectuée quotidiennement pendant deux semaines après le dernier marquage; soit 17 jours après le marquage à la poudre rouge, 15 jours après marquage à la poudre jaune et 14 jours après marquage par la poudre verte. Il n'y a pas eu de capture le jour qui a suivi le premier marquage (poudre rouge) en raison des conditions atmosphériques défavorables. Nous avons disposé 30 captureurs chaque jour, en moyenne, à des emplacements déterminés dont la position par rapport au point de lâcher a été mesurée par Global Position System (GPS). Le deuxième jour de la première opération de recapture (J2), les captureurs ont tous été postés à l'intérieur d'un périmètre de 1100 mètres de rayon autour du point de lâcher (figure 3). Par la suite, les points de capture ont été plus éloignés jusqu'à 8000 mètres. Chaque captureur a changé de poste tous les jours selon une permutation de type circulaire. Les chrysops recapturés le deuxième et le troisième jour ont été marqués d'une seconde, voire d'une troisième couleur, et relâchés le jour même. Par la suite, dès le premier jour suivant le dernier marquage, les chrysops capturés ont été sacrifiés et disséqués en vue de mesurer le taux de parturité et le taux d'infection.

En 1994, nous avons procédé à l'opération de marquage-lâcher-recapture en suivant une méthode similaire. Toutefois, les postes sont restés fixes pendant toute la durée de l'opération et leur distance par rapports aux points de lâcher était comprise entre 400 et 10000 mètres (figure 4), afin d'éviter des recaptures trop importantes. A la différence de 1993, les chrysops marqués n'étaient pas de nouveau marqués et relâchés.

f) Identification du type de distribution spatiale des chrysops.

Nous avons vérifié l'ajustement de la distribution des effectifs moyens de chrysops par captureur lors de la capture préliminaire aux lois classiques de distribution spatiale des membres d'une population: distribution aléatoire (loi de poisson), distribution contagieuse (loi binomiale négative) ou distribution uniforme (loi binomiale). Nous avons utilisé les logiciels élaborés par Ludwig et Reynolds (Ludwig and Reynolds, 1988). L'ajustement a été confirmé par χ^2 .

g) Mesure de la densité des populations de chrysops.

Nous avons effectué cette mesure uniquement lors de la première opération, en 1993. Au cours de la seconde opération, en 1994, le choix des postes de recapture, plus éloignés des sites de lâcher, ne permettait pas l'estimation de la densité du peuplement.

Nous nous sommes servis de l'estimation de Lincoln-Petersen qui s'applique à une opération de marquage suivie d'une opération de recapture, pour laquelle la densité = $(M \cdot n) / m$, où M est le nombre d'individus lâchés, n est le nombre total d'individus capturés lors de la recapture et m , le nombre d'individus marqués. Nous l'avons utilisée indépendamment pour chacune des trois couleurs de marquage. Pour obtenir une moyenne correspondant à plusieurs opérations de lâchers-recaptures, nous avons utilisé la formule de Schumacher et Eschmeyer, dérivée de la précédente, où la densité = $(\sum M_i^2 \cdot n_i) / (\sum M_i \cdot m_i)$, où M_i représente le nombre d'individus marqués par chacune des trois couleurs, n_i le nombre total d'individus capturés au cours des trois premiers jours de recapture et m_i est le nombre d'individus marqués présents dans chaque échantillon.

30 points de capture ont été choisis pour cette phase de l'opération. Les captures ayant permis les estimations de la densité ont toutes été effectuées dans un périmètre de 1100 mètres de rayon autour du point de lâcher et qui correspond à environ 3,8 km² de forêt anthropisée.

h) Evaluation de la distance de vol des chrysops.

La fréquence de recapture (Fr) est exprimée en tenant compte du nombre de chrysops marqués ainsi que du rendement du point de capture, soit $Fr = ((m / n) \cdot 100) / M$, où m est le nombre de chrysops marqués capturés à un point donné, n le nombre total de chrysops capturés au même point et M , le nombre de chrysops marqués lâchés au cours de cette opération.

La première opération de marquage-recapture (1993) nous a permis de mesurer la distance moyenne de vol au cours des deux premières journées de recapture. Par ailleurs, cette année-là, nous avons comparé la fréquence de recapture obtenue pendant les deux semaines de recapture en des lieux de capture distincts et dont la distance par rapport au point de lâcher est connue. Parmi les 75 points de captures utilisés nous en avons retenu 19 qui correspondaient aux critères suivants:

- le rendement du point de capture, indépendamment des captureurs qui s'y sont succédés, était supérieur ou égal à 15 chrysops en moyenne par jour de capture;
- chacun comptait 8 jours de capture au minimum;
- les points de capture situés à moins de 1000 mètres du point de lâcher ont été utilisés au moins trois fois au cours des quatre jours suivant le premier lâcher, puis cinq fois au cours des sept jours suivants;
- les points de capture situés entre 1000 et 2500 mètres ont été utilisés un jour au cours des quatre premiers jours, cinq fois au cours des sept jours suivants et deux fois pendant les sept derniers jours de capture;
- les points de capture situés au delà de 2500 mètres à partir du point de lâcher ont été utilisés une fois au cours des quatre premiers jours, cinq fois pendant les sept jours suivants et quatre fois pendant la dernière semaine de l'opération.

La fréquence de recapture (Fr) a été calculée de la même manière que pour le deuxième jour. Le nombre de chrysops lâchés a été diminué chaque jour de l'effectif des chrysops marqués recapturés les jours précédents.

Avant la seconde opération de marquage-recapture (1994) nous avons déterminé 30 points de recapture situés à plus de 500 mètres du point de lâcher. Ces postes ont été maintenus tous les jours de l'opération. Tous les points de recapture ont eu un rendement largement supérieurs à 15 chrysops par homme et par jour, à l'exception de deux postes (respectivement 10 et 12 chrysops/h/j) et que nous avons conservé malgré tout.

Nous avons combiné les résultats des deux opérations de marquage-recapture pour déterminer une distance de vol maximale donnée par la fonction puissance calculée à partir de la fréquence de recapture Fr. La distance de vol moyenne a été estimée par la moyenne de la distance de tous les

postes de recapture par rapport au lieu de lâcher, pondérée par la fréquence de recapture à chacun de ces postes (moyenne de la distance de vol = Σ (distance du poste x Fr à ce poste) / nombre de poste de recapture).

i) Taux de mortalité.

Une estimation de l'âge de la population au moment des captures préliminaires est possible en comparant entre eux les taux de femelles nullipares, pares non infectées, infectées par des larves de stade 1, 2 ou 3 et infectantes, c'est à dire avec des larves de stade 3 en tête. Les femelles pares ont au moins 5 jours, les femelles hébergeant des larves infectantes en tête ont plus de 9 jours.

Nous avons évalué le taux de survie en suivant l'évolution quotidienne de la fréquence de recapture (Fr) des chrysope au niveau des points de capture couvrant l'ensemble de la zone d'étude, en 1993 et en 1994. En considérant que la proportion de chrysope recapturés est représentative de la proportion de chrysope marqués encore en vie, nous pouvons admettre que la fréquence cumulée des recaptures est représentative de la mortalité. La fréquence quotidienne est calculée en rapportant le nombre de chrysope marqués récoltés chaque jour au nombre total de chrysope recapturés au cours de l'opération.

RESULTATS.

a) Distribution spatiale.

Dans la zone de capture, la répartition spatiale des chrysope (les deux espèces confondues) a été estimée en mesurant la distribution de l'effectif des chrysope récoltés en une journée par chaque captureur (tableau 1). La distribution observée s'ajuste à une série de Poisson, c'est à dire qu'elle correspond à une distribution aléatoire des chrysope ($\chi^2 = 1,55$; d.d.l. = 4; $P > 0,5$). Nous avons, par ailleurs, constaté que l'ajustement à une loi de Poisson était confirmé pour toutes les recaptures au cours des deux semaines que chaque opération a duré ($P > 0,05$). Toutefois, la répartition spatiale s'ajuste également, quoique dans une moindre mesure, à une loi binomiale négative, ce qui tend à montrer qu'il existe un certain degré de contagion dans la répartition spatiale des chrysope.

b) Densité des populations de chrysope.

L'estimation de la densité de population a été effectuée en 1993 sur environ 4 km² et en 1994 sur une surface variant de 100 à 300 km².

- Opération de 1993:

Nous avons lâché 990 *Chrysope dimidiata* marqués le premier jour; deux jours après le lâcher, nous avons capturé 766 *C. dimidiata* dont 226 marqués à la poudre rouge. Appliquée à cette première opération de marquage-recapture, l'estimation de Lincoln-Petersen permet d'évaluer la densité de la population de *C. dimidiata* à 3335 individus pour 3,8 km², soit 883 individus par km² (tableau 2). Les autres opérations de recapture ont donné une estimation du même ordre de grandeur: 1420 pour le marquage jaune et 767 pour le vert. En associant les trois opérations de recapture selon la formule de Schumacher et Eschmeyer l'estimation est de 821 *C. dimidiata* par km².

- Opération de 1994:

Le premier jour 1732 chrysope ont été lâchés, 1018 le deuxième jour et 1181 le dernier. L'estimation de Lincoln-Petersen appliquées au recapture en fonction des surfaces couvertes confirme les densités observées en 1993 (tableau 2)

d) Distance de vol.

- Opération de 1993:

Au cours du deuxième jour après le lâcher, nous avons recapturé des chrysope dans tous les points de capture situé à moins de 1100 mètres du lieu de lâcher. La distance de vol dépasse donc les 1000

mètres pour ces deux premiers jours. Pour *C. dimidiata*, la distance de vol maximale observée est de 1100 mètres en deux jours (figure 5). Le coefficient de corrélation entre la distance des postes de recapture et la fréquence de recapture est significatif ($r = -0,78$; d.d.l. = 28; $P < 10^{-2}$; figure 5). La courbe définie par la distance de vol correspond à une fonction puissance quoique les observations ne s'ajustent pas aux valeurs théoriques ($\chi^2 = 121$; d.d.l. = 28; $P < 10^{-3}$).

Toujours pour *C. dimidiata*, la distance de vol maximale observée au cours de toute l'opération, soit 17 jours dans les 19 lieux de capture sélectionnés, est de 4000 mètres (figure 6). Le coefficient de corrélation est hautement significatif ($r = -0,90$; $P < 10^{-3}$; d.d.l. = 17). L'ajustement des observations avec une fonction puissance est excellent ($\chi^2 = 15,4$; d.d.l. = 18; $P > 0,5$). En revanche, *C. silacea* a été observé à plus de 6000 mètres du point de lâcher. Toutefois, le faible effectif de *C. silacea* ne permet pas d'évaluer la distance de vol de cette espèce.

Nous avons comparé la distance de vol pour l'ensemble des chrysops en fonction des couleurs de marquage (figure 7). Nous n'avons pas observé de différence significative entre les résultats obtenus après utilisation des différentes poudres de marquage.

- Opération de 1994:

La distance de vol maximale observée à J2 est de 4000 mètres (figure 8), ce qui est supérieur à ce qui avait été observé en 1993. Si l'on considère toute la durée de l'opération, la distance de vol maximale observée, pour *C. dimidiata* est de 4500 mètres. La corrélation entre distance et fréquence de recapture est significative ($r = -0,67$; d.d.l. = 26; $P < 10^{-3}$; figure 9). L'ajustement de la distance de vol à une loi puissance est médiocre ($\chi^2 = 111$; d.d.l. = 26; $P < 10^{-3}$).

La distance de vol maximale observée pour *C. silacea* est de 2200 mètres au cours de toute la période de recapture.

Nous avons associé les résultats de l'opération de 1993 à ceux de l'opération de 1994 afin d'évaluer la distance de vol maximale à J2 et qui est de 3850 mètres ($r = -0,67$; d.d.l. = 94; $P < 10^{-3}$; figure 10) ainsi que pendant les quinze jours que l'opération a duré et qui est de 5900 mètres ($r = -0,79$; d.d.l. = 45; $P < 10^{-3}$; figure 11). La distance moyenne de vol est 2800 mètres à partir du point de lâcher.

En outre, nous avons constaté une bonne reproductibilité des résultats d'une année sur l'autre.

e) Taux de mortalité.

En 1993, un *Chrysops dimidiata* a été recapturé à 750 mètres du lieu d'origine, 13 jours après le lâcher. En 1994, c'est au dixième jour que le dernier *C. dimidiata* a été recapturé à 4000 mètres du lieu de lâcher. En 1993, nous avons capturé deux *C. silacea* marqués 16 jours après le jour de lâcher. En 1994, le dernier *C. silacea* a été recapturé le huitième jour après le lâcher. Mais le faible effectif de *C. silacea* ne nous permet pas de confirmer une longévité plus grande de cette espèce par rapport à *C. dimidiata*.

La fréquence quotidienne de recapture en 1993 et en 1994, montre un faible taux de recapture à J1, comme si le jour suivant le marquage, l'activité des chrysops était réduite (figures 12 et 13). Au deuxième jour, le nombre de chrysops recapturés est à son maximum. Les jours suivants, les recaptures décrivent une courbe à décroissance exponentielle. La fréquence cumulée de recapture quotidienne permet d'estimer la courbe de mortalité en 1993 (figure 14), 1994 (figure 15) et moyenne, en combinant les résultats des deux opérations de marquage-recapture (figure 16).

Tableau 1: Capture de chrysops avant marquage

classe	effectif chrysops	captures 1993	captures 1994	captures 93/94
0	10 à 19	3	1	4
1	20 à 29	1	2	3
2	30 à 39	5	3	8
3	40 à 49	7	8	15
4	50 à 59	3	4	7
5	60 à 69	4	6	10
6	70 à 79	1	2	3
7	80 à 89	0	3	3
8	90 à 99	1	4	5
9	100 à 109	0	3	3
χ^2 (d.d.l.)	loi de Poisson	0,47 (2)	2,13 (3)	7,52 (5)
χ^2 (d.d.l.)	Binom. Négat.	2,35 (1)	1,89 (2)	5,11 (4)

Tableau 2: Estimation de la densité de *Chrysops dimidiata* au deuxième jour de recapture (opération 1993).

Couleurs	Effectif Lâcher	Effectif Recapture	Effectif Echantillon	Densité / km ²
Rouge 1993	990	226	766	883
Jaune 1993	611	17	159	1420
Vert 1993	746	41	164	767
Combinées 1993	2347	284	1373	821
Rouge 1994	1732	64	1464	417
Jaune 1993	1018	6	984	589
Vert 1993	1181	6	981	759
Combinées 1993	3931	76	3429	625

Table de figures.

Figure 1: carte de situation du village de Ngat.

Figure 2: courbe de pluviométrie de 1992 à 1994.

Figure 3: carte de Ngat montrant la disposition des points de lâcher et de recapture en 1993.

Figure 4: carte de Ngat montrant la disposition des points de lâcher et de recapture en 1994.

Figure 5: distance de vol de *C. dimidiata* le deuxième jour de recapture lors de l'opération de 1993.

Figure 6: distance de vol de *C. dimidiata* au cours des deux semaines de l'opération de 1993.

Figure 7: comparaison des résultats obtenus en fonction des poudres de marquage utilisées (1993).

Figure 8: distance de vol de *C. dimidiata* le deuxième jour de recapture lors de l'opération de 1994.

Figure 9: distance de vol de *C. dimidiata* au cours des deux semaines de l'opération de 1994.

Figure 10: distance de vol de *C. dimidiata* le deuxième jour de recapture (combinaison des résultats obtenus en 1993 et 1994).

Figure 11: distance de vol de *C. dimidiata* au cours des deux semaines suivant le lâcher (combinaison des résultats obtenus en 1993 et 1994).

Figure 12: effectif des recaptures quotidiennes lors de l'opération de 1993.

Figure 13: effectif des recaptures quotidiennes lors de l'opération de 1994.

Figure 14: estimation de la courbe de mortalité lors de l'opération de 1993.

Figure 15: estimation de la courbe de mortalité lors de l'opération de 1994.

Figure 16: estimation de la courbe de mortalité moyenne (combinaison des résultats obtenus en 1993 et 1994).

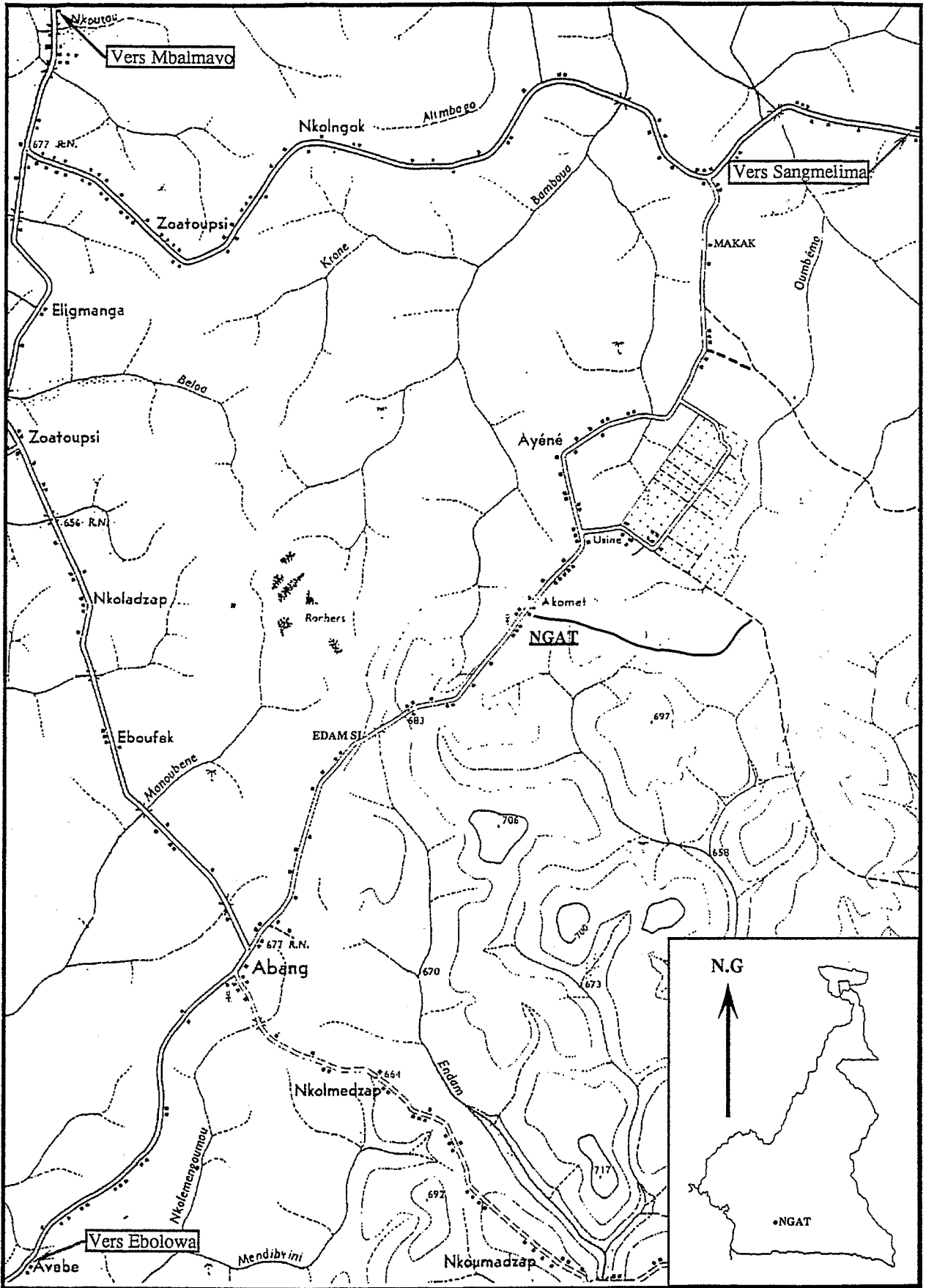


Figure 1 : Carte de situation du village de Ngat

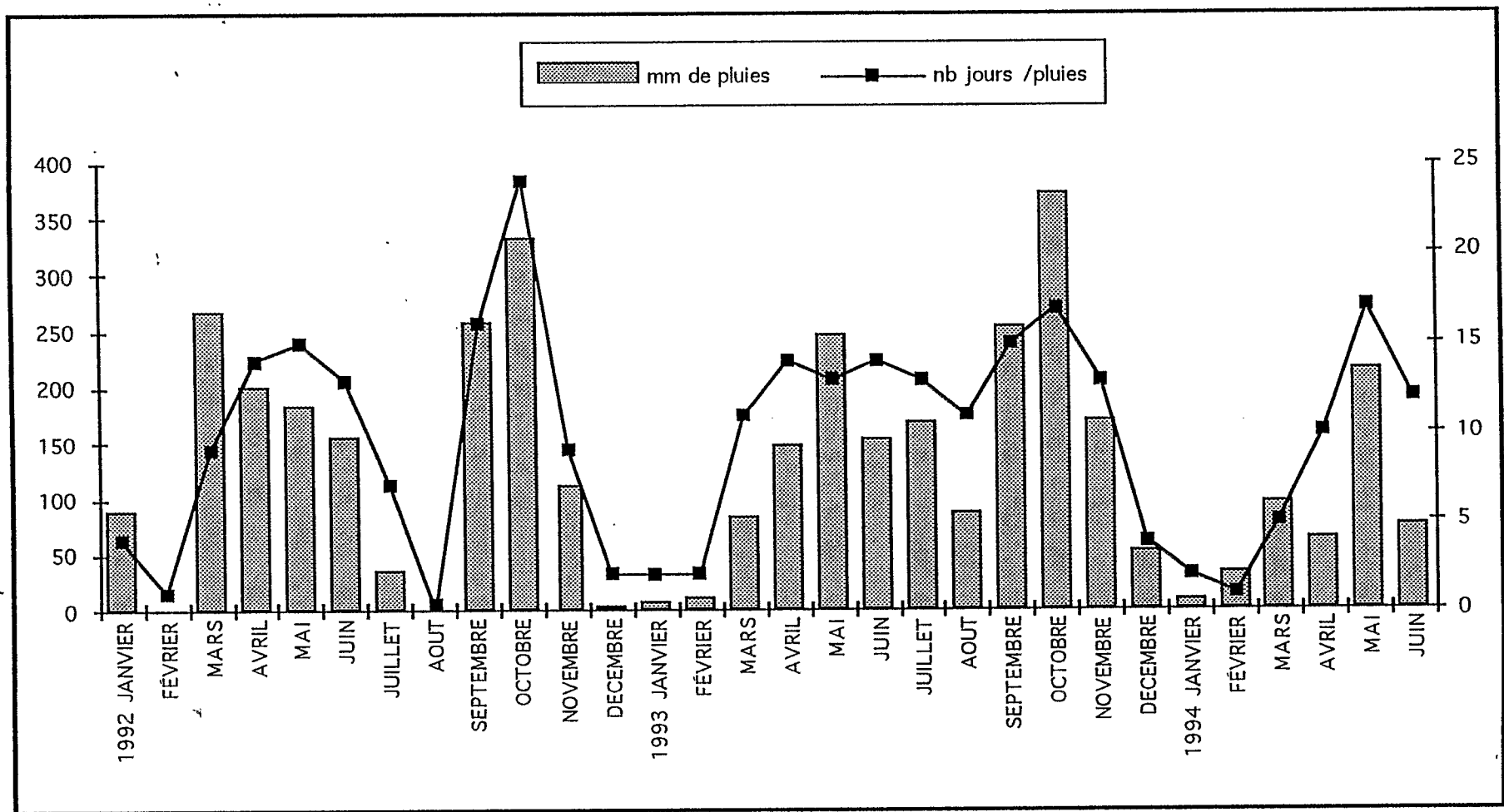


Figure 2 : Courbe de pluviométrie de 1992 à 1994

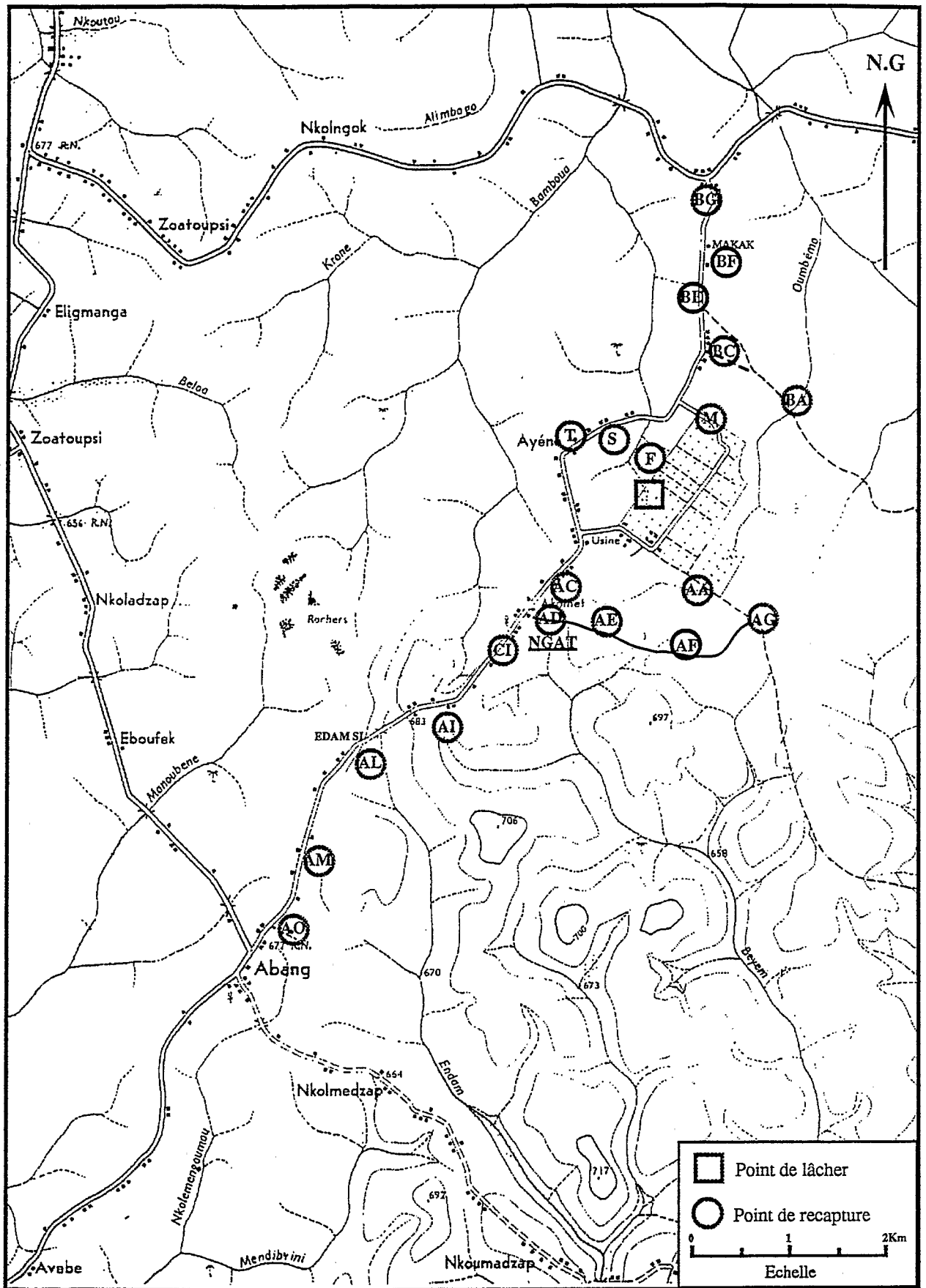


Figure 3 : Disposition des points de lâcher et de recapture en 1993

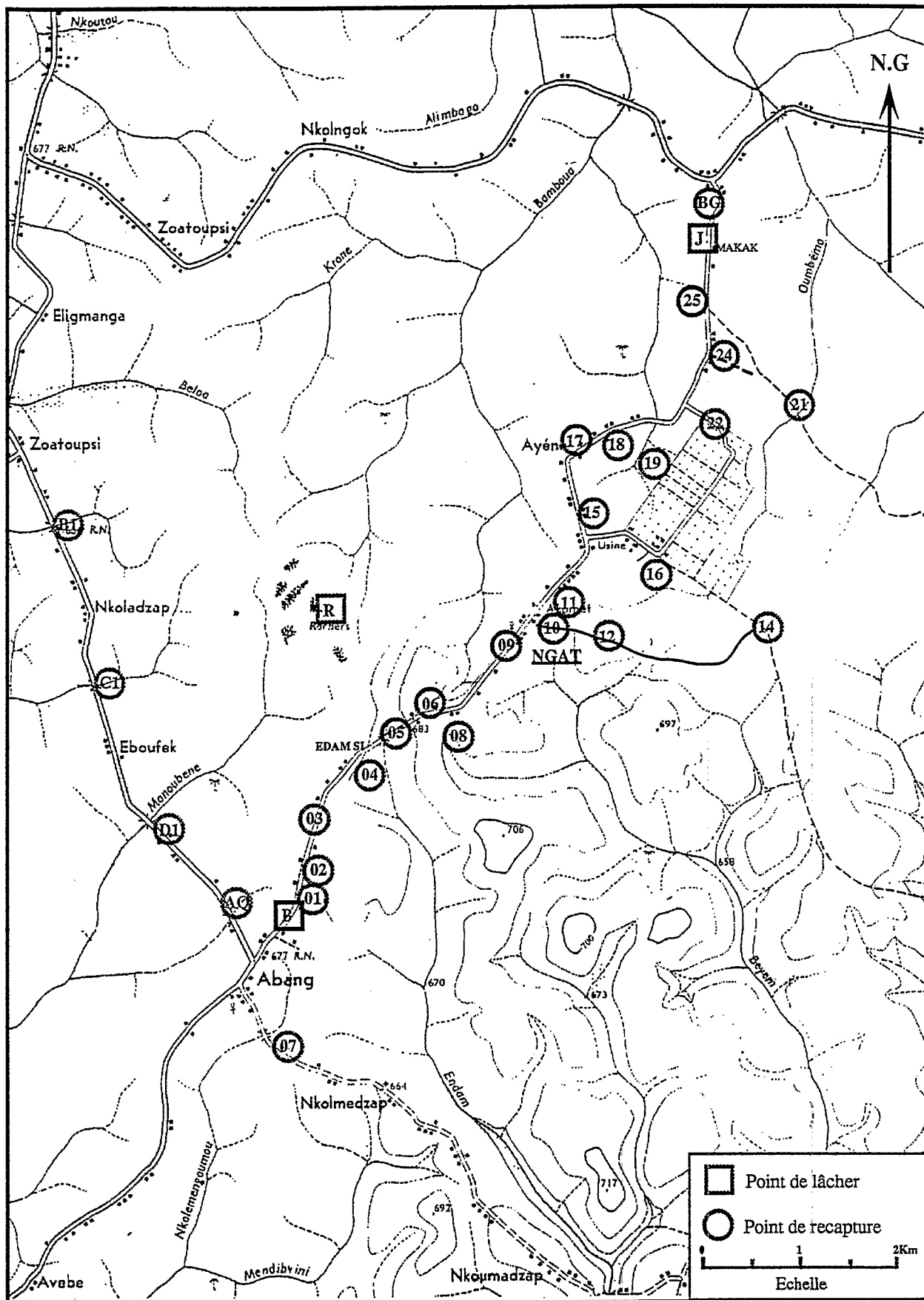


Figure 4 : Disposition des points de lâcher et de recapture en 1994

Figure 5

C. DIMIDIATA

Recaptures à J2

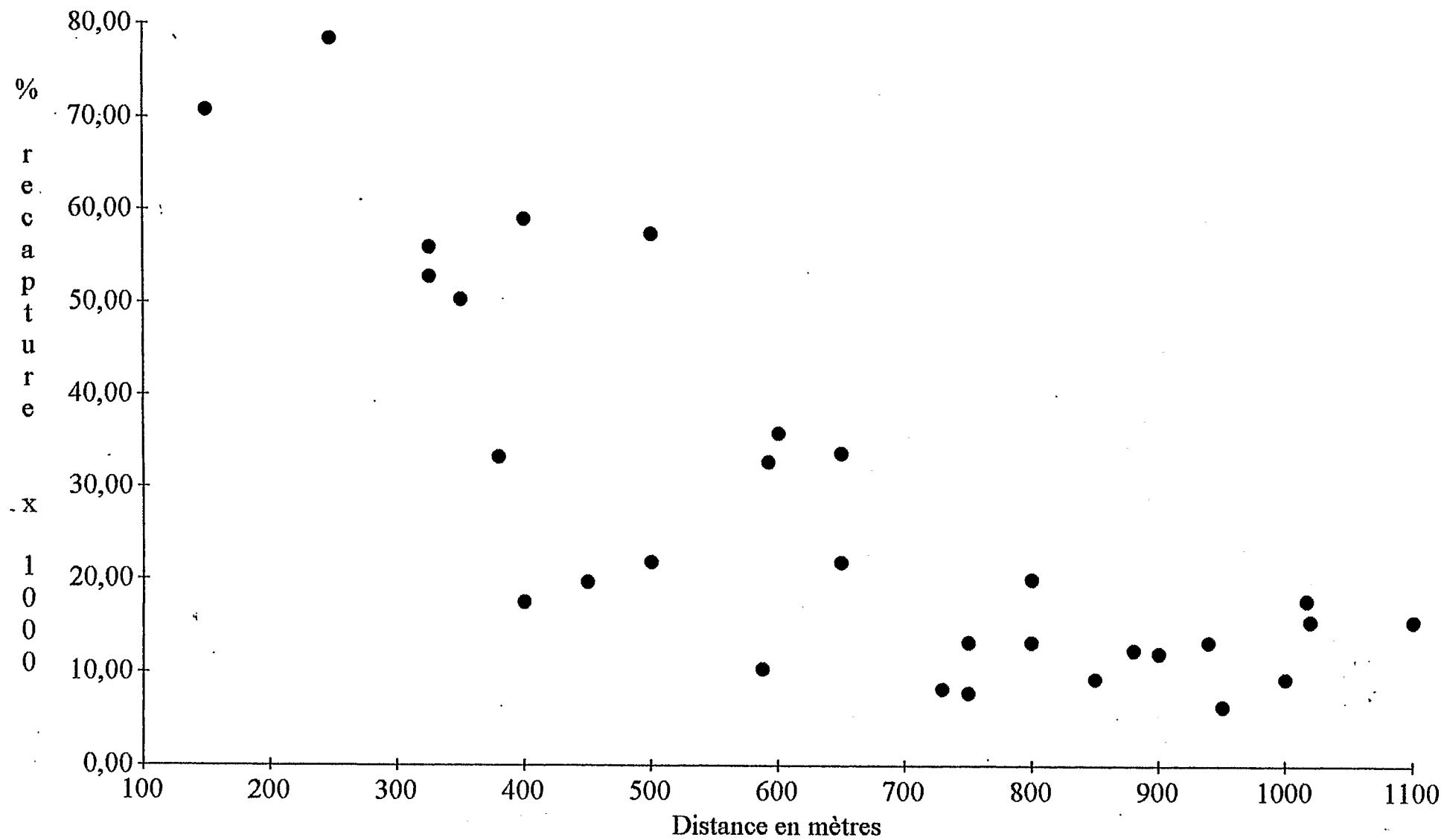


Figure 6

C. dimidiata

Distance de vol

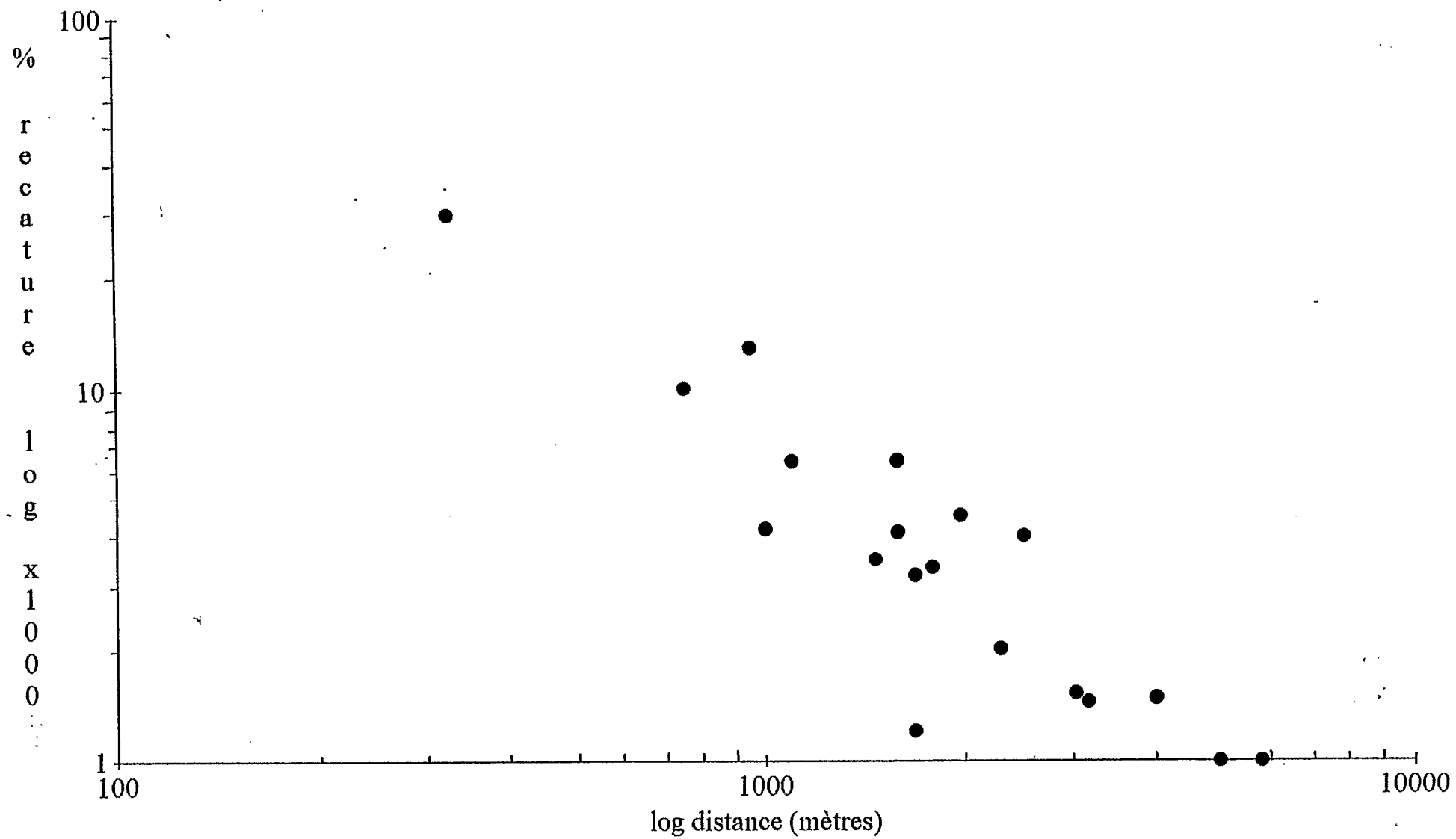


Figure 7

CHRYSOPS

Distance de vol

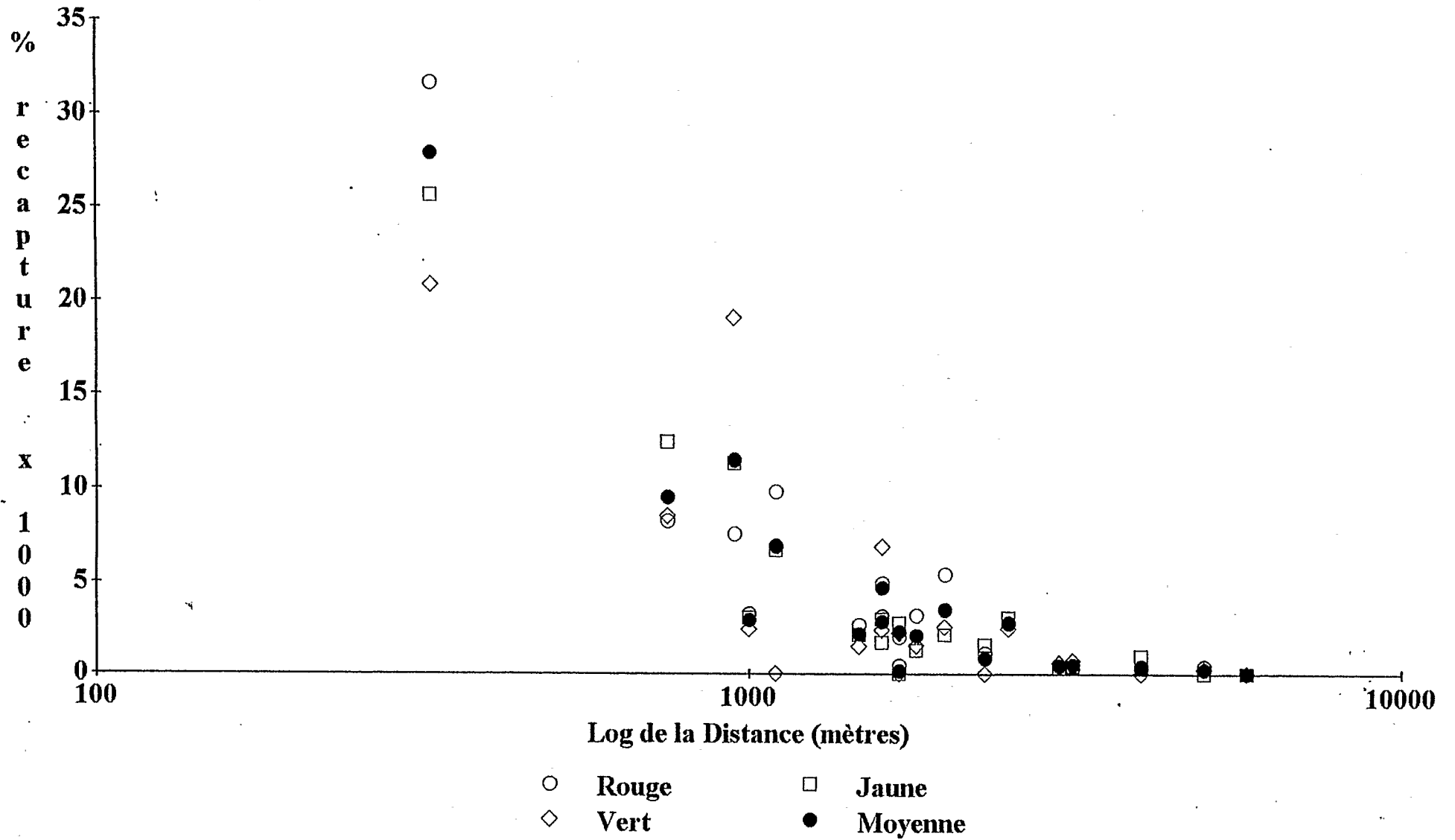


Figure 8
C. dimidiata
distance de vol à J2 (1994)

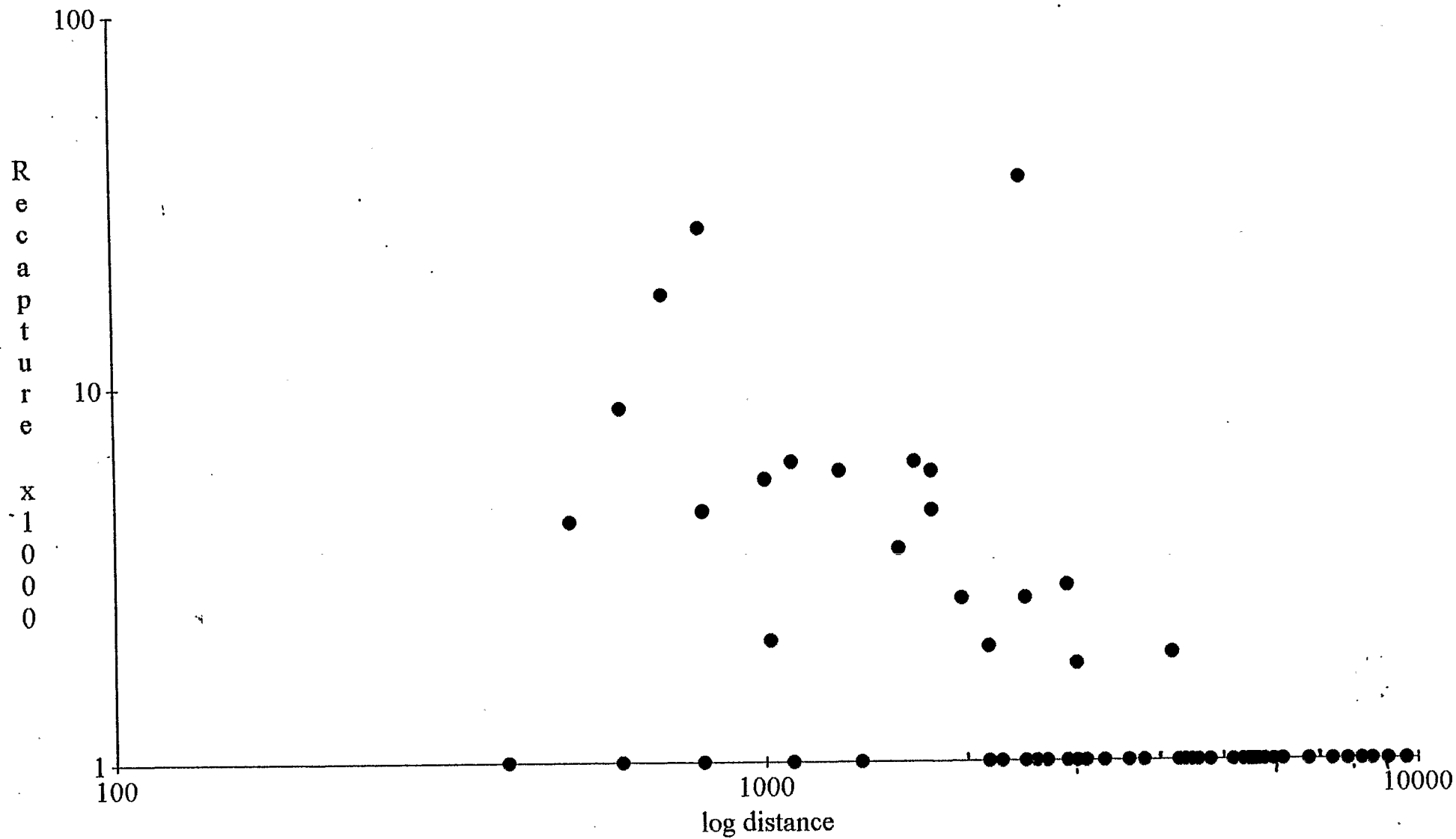


Figure 9
C. dimidiata
distance de vol (1994)

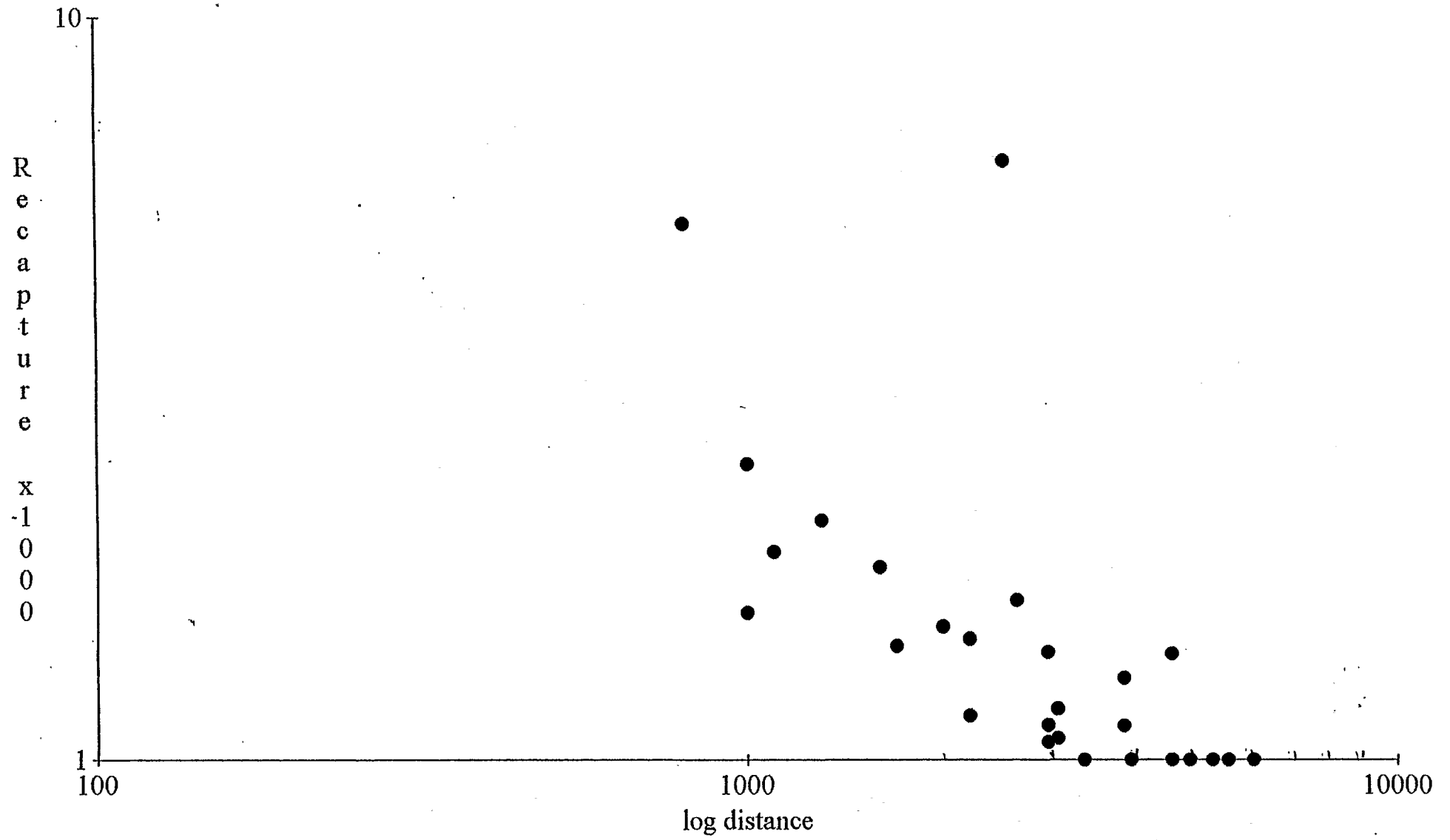


Figure 10
C. dimidiata
distance de vol à J2 (1993-1994)

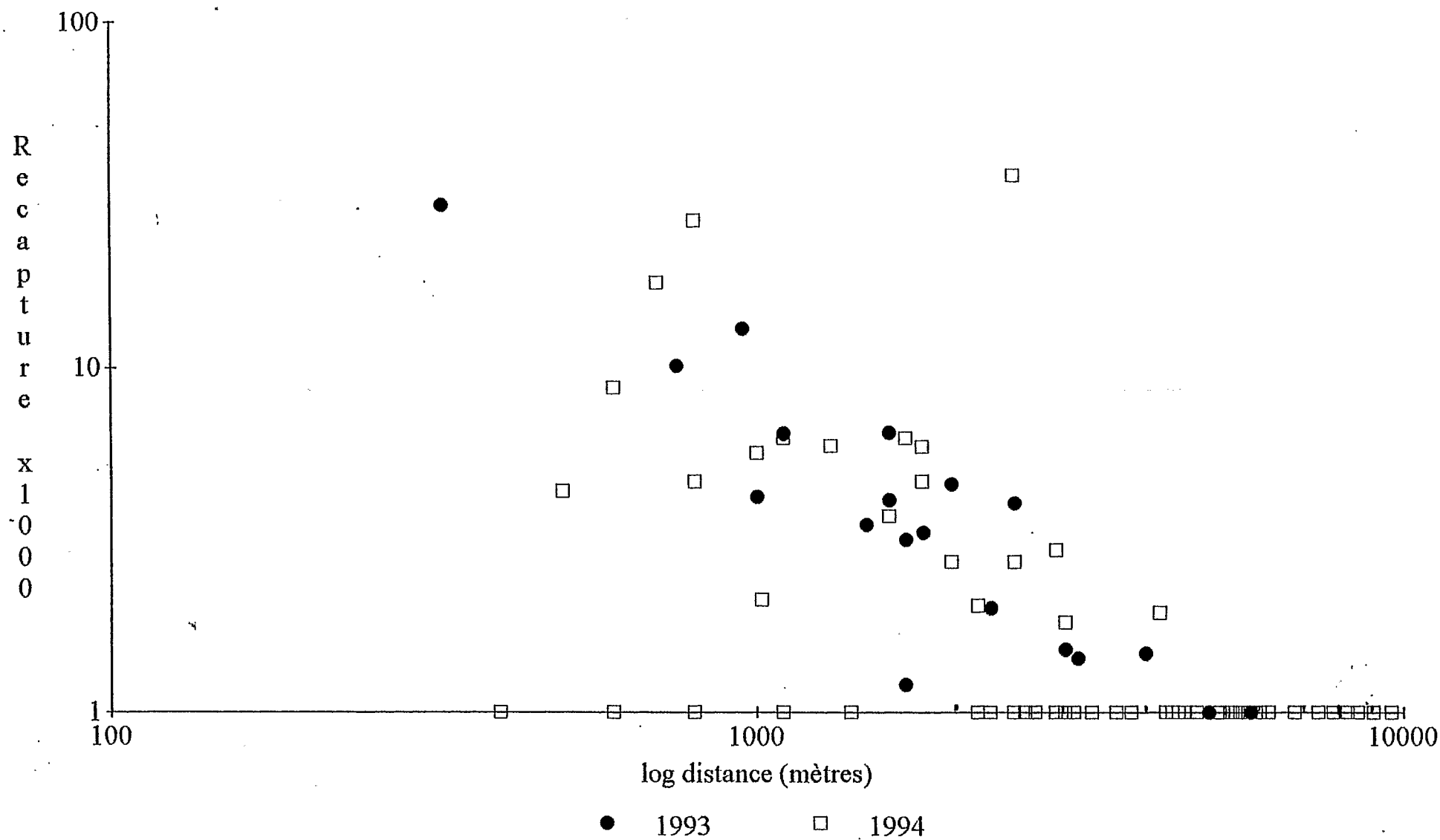


Figure 11

C. dimidiata

distance de vol J1 à J15 (1993-1994)

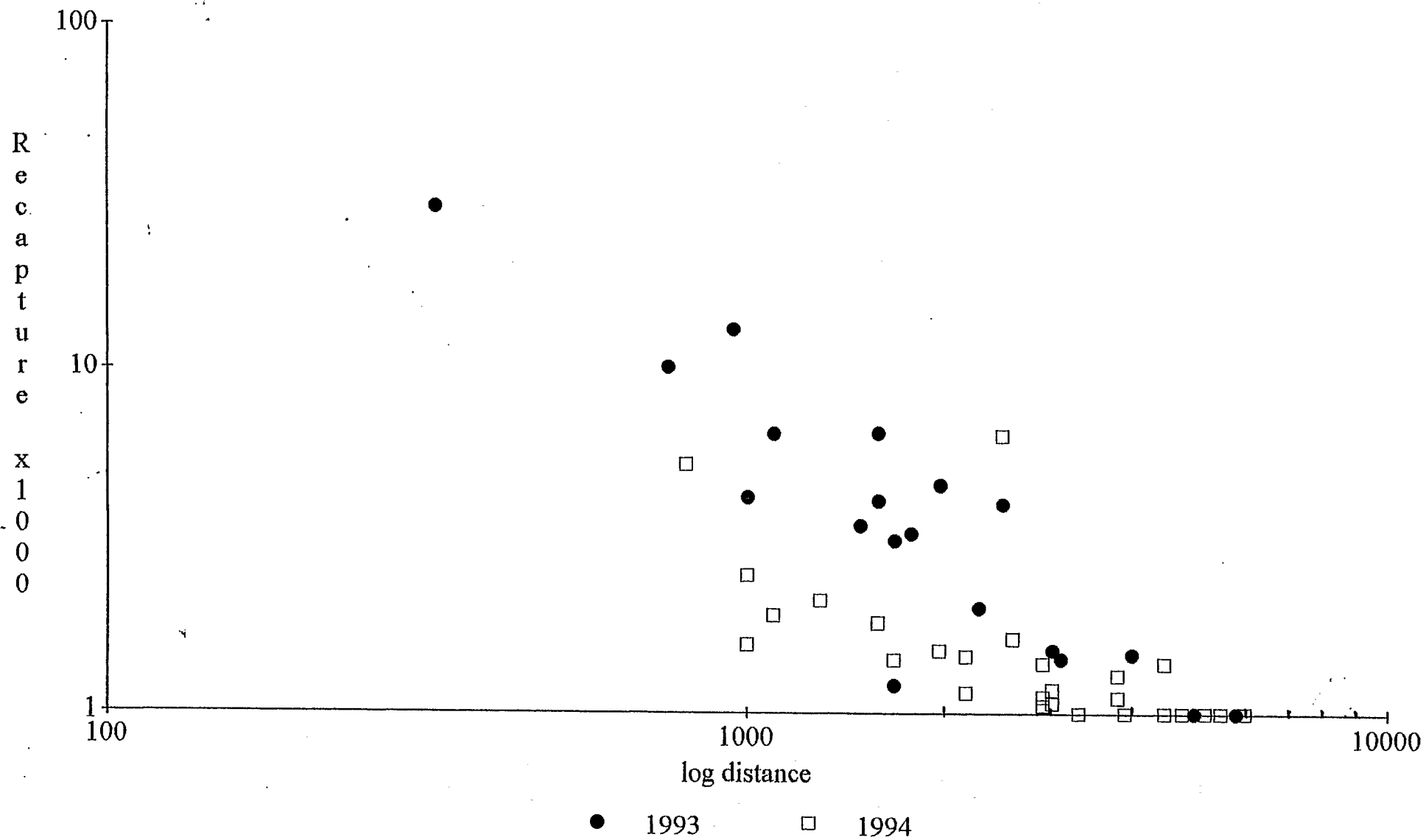


Figure 12
CHRYSOPS
Recaptures quotidiennes

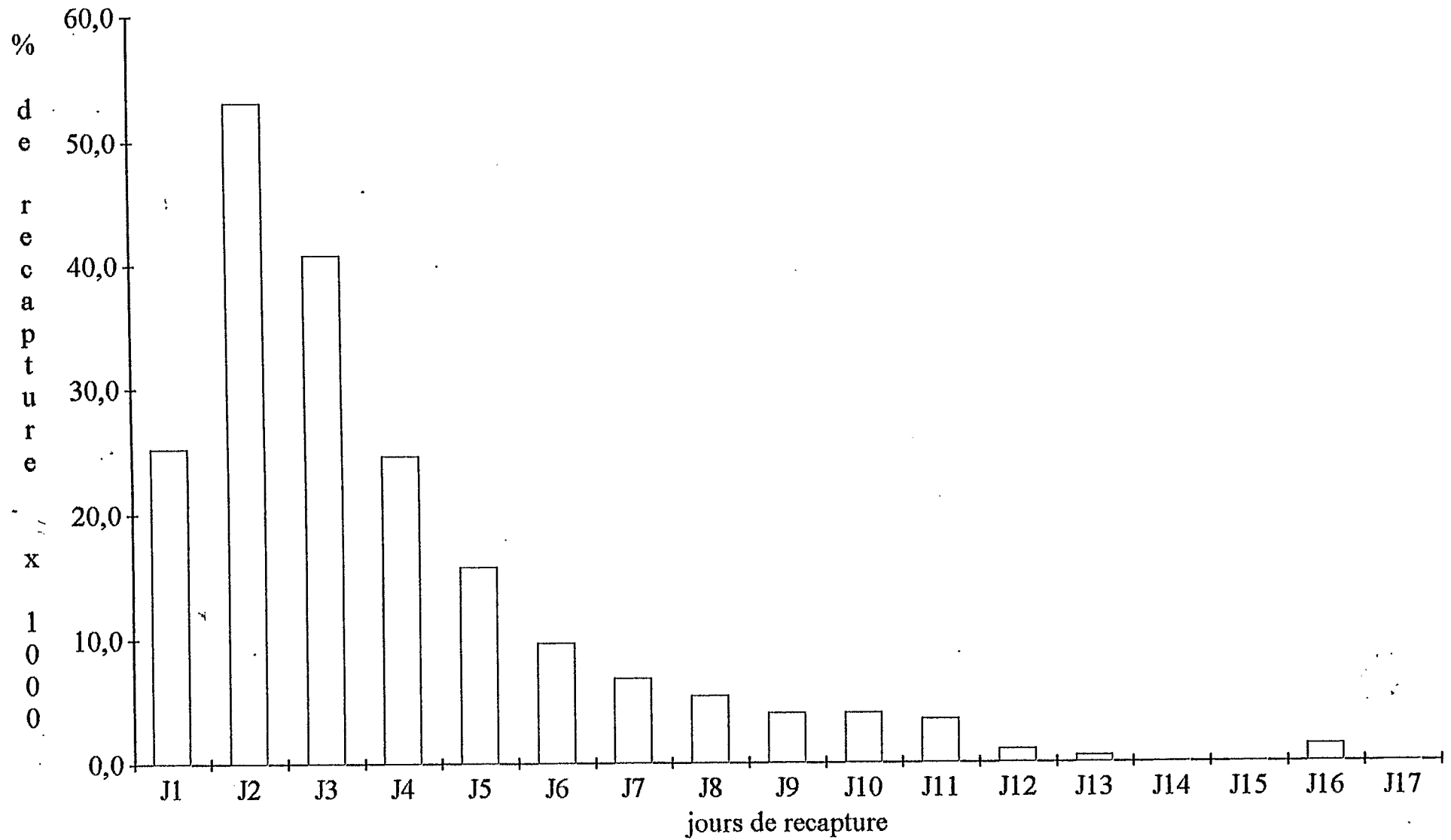


Figure 13
CHRYSOPS
Recaptures quotidiennes (1994)

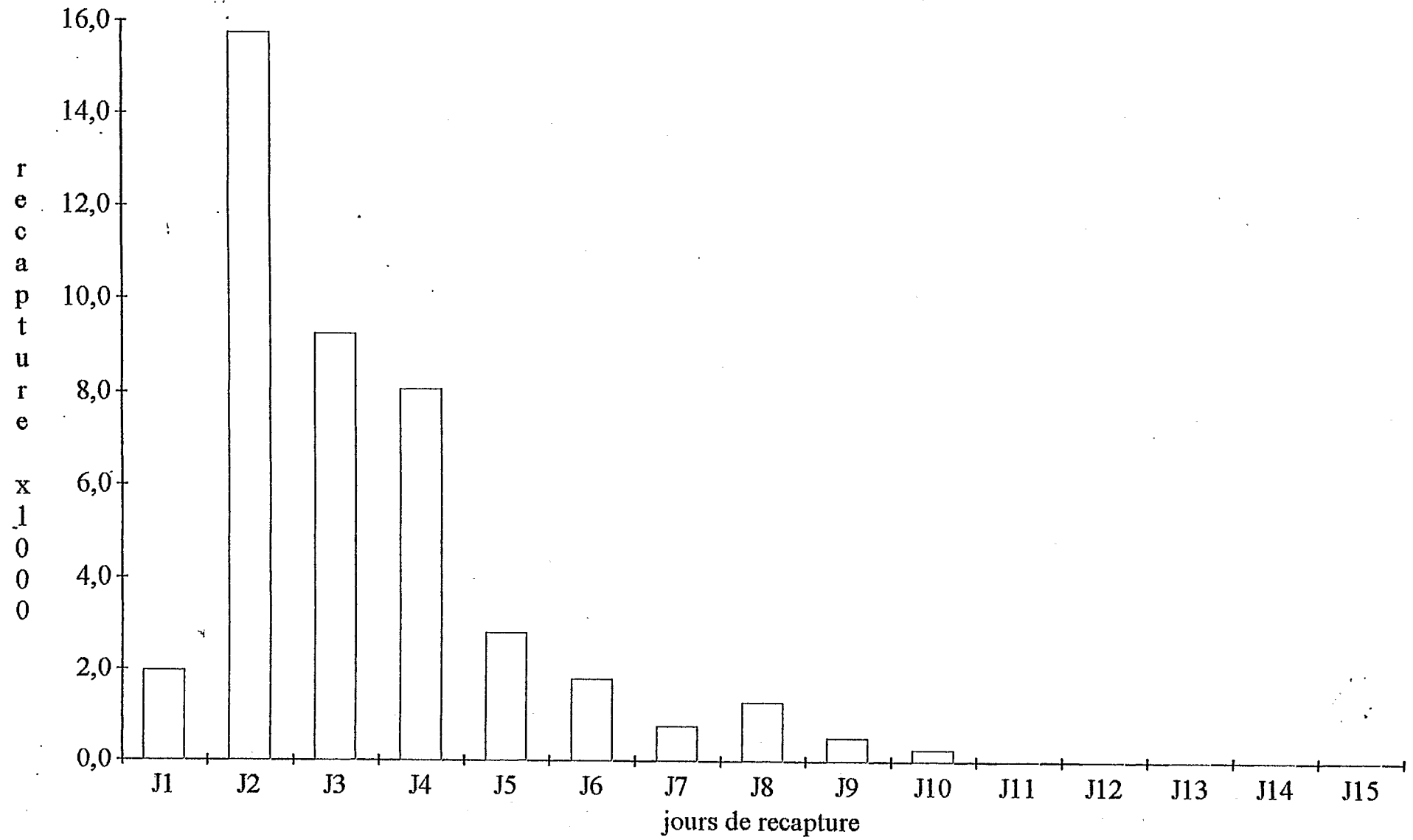


Figure 14

Courbe de mortalité
C. dimidiata (1993)

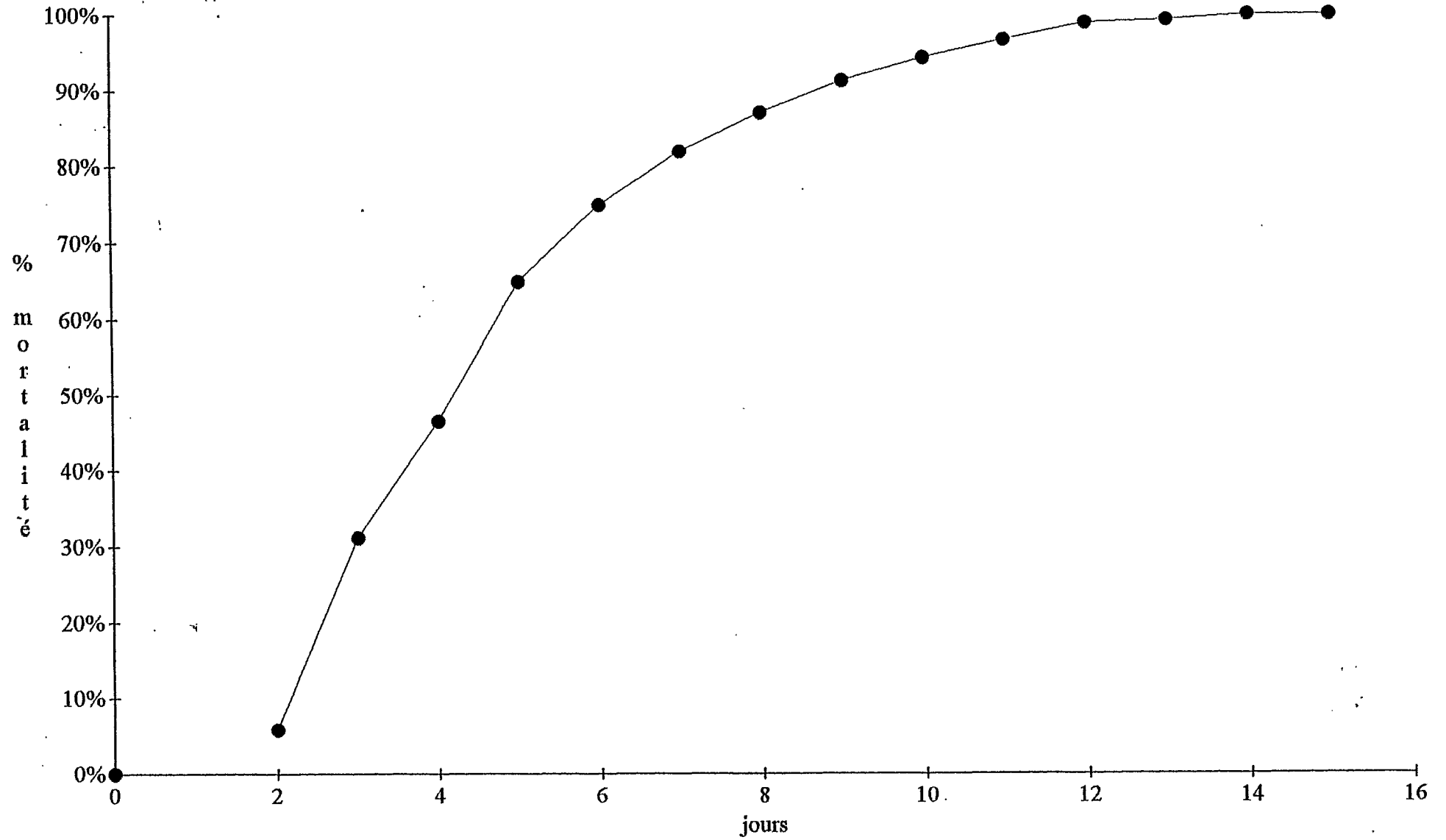


Figure 15

Courbe de mortalité
C. dimidiata (1994)

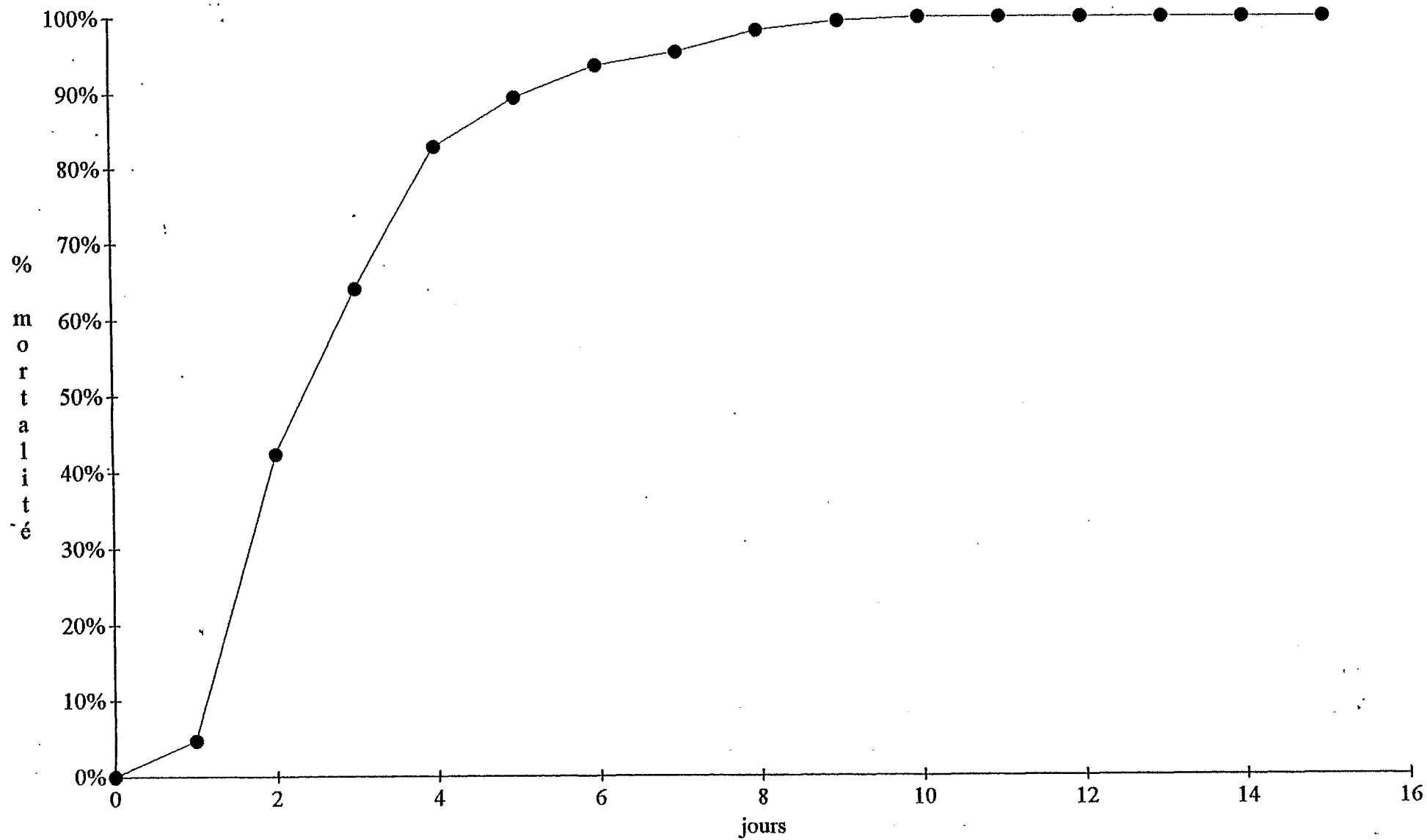


Figure 16
Courbe de mortalité
C. dimidiata (1993-1994)

