

Estimation de l'effectif des populations larvaires d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 (*Diptera, Culicidae*)

II. Méthode utilisant le « coup de louche » ou « dipping »

B. PAPIEROK (1)

H. CROSET (1)

J. A. RIOUX (1)

RÉSUMÉ.

Le dénombrement d'une population larvaire d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916, est réalisé grâce à la méthode du « coup de louche » ou « dipping ». Dans les conditions d'un protocole défini, le « dipping » donne des résultats comparables à ceux obtenus par la méthode de « capture-marquage-recapture ». Le « dipping » peut, dès lors, être considéré comme une technique d'estimation absolue. Ses facilités d'application ouvrent, par ailleurs, de nombreuses perspectives dans l'étude de la dynamique des populations de Culicidae, préalable indispensable à la mise en application des méthodes de lutte biologique.

ABSTRACT.

The counting of a larval population of *Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 is realized by the use of the dipping method. Used according to an accurate protocol, the dipping gives results similar with those obtained by the capture-recapture method so that it is possible to consider the dipping as an absolute sampling method. This easy to apply method opens numerous possibilities for the study of the dynamics of Culicidae populations, preliminary for the promotion of biological control methods.

La mise au point de méthodes de dénombrement, fondement de toute étude de dynamique de populations, n'est pas sans poser de délicats problèmes. Des solutions

proposées dépend cependant le succès des campagnes de lutte, particulièrement dans la perspective d'« opérations intégrées ».

C'est dans cet esprit qu'ont été conduites un certain nombre de recherches, de caractère méthodologique, visant à l'établissement des effectifs larvaires de Culicidae.

La méthode de « capture-marquage-recapture » a fait l'objet d'une première série de travaux (RIOUX *et coll.*, 1968; PAPIEROK, 1972; PAPIEROK *et coll.*, 1973). Toutefois, l'expérience a montré qu'une telle méthode, excellente en tant que « référence » (effectif absolu), ne pouvait être utilisée en pratique de terrain : elle n'était applicable qu'à une fraction seulement de la population larvaire (3^e et 4^e stade); elle nécessitait un important support technologique qui rendait difficile la répétition des mesures au cours du temps et surtout leur réalisation synchrone dans une zone géographique de quelque étendue. En bref, la recherche et la sélection de méthodes plus « opérationnelles » s'imposaient.

Parmi celles-ci, le « dipping » déjà utilisé pour le dénombrement des populations d'*Anophelinae* (BOYD, 1949) et d'*Aedinae* (HAPPOLD, 1965; WADA, 1965) faisait l'objet d'une particulière attention. Sa mise au point constitue l'essentiel du présent travail.

Cette méthode, simple *a priori*, consiste à plonger, en plusieurs endroits du gîte larvaire, un récipient de capacité connue. Le nombre de larves par prélèvement constitue la donnée de base (GJULLIN *et coll.*, 1961; KNIGHT, 1964). A ce stade interviennent de nombreuses causes d'erreurs liées à la technique (matériel utilisé, « coup de main »),

(1) Laboratoire d'Écologie médicale et Pathologie parasitaire, Faculté de Médecine, 34000 Montpellier.

au milieu (structure du biotope larvaire) et surtout à l'espèce culicidienne en cause (constitution d'agrégats, déplacements au cours du nyctémère). En l'absence d'étude critique, le nombre de larves prélevées ne représente qu'une évaluation très imparfaite, et souvent fallacieuse, de la densité des populations. Conscients de ces imperfections, plusieurs auteurs ont proposé des indices se voulant plus précis, tenant compte, par exemple, du nombre de prélèvements, du total des larves capturées et de la surface du gîte (BELKIN, 1954; SHEMANCHUK, 1959). Ces recherches, visant à relier la densité observée à la densité absolue (HORSFALL, 1941; SERVICE, 1968; HAGSTRUM, 1871) restent cependant peu nombreuses ou peu convaincantes en l'absence de méthode de référence.

Nos travaux sur l'écologie des *Aedes* montagnards des Pyrénées-Orientales nous ont permis de combler cette lacune. L'étalonnage du « dipping » s'est avéré possible grâce à la mise au point préalable d'une méthode d'estimation éprouvée.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE.

La présente étude a été conduite sur une population larvaire d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 évoluant dans une mare morainique de la haute vallée de la Têt (versant sud du massif du Carlit; altitude : 1710 m, étage sub-alpin). Les conditions générales de travail ont été précédemment définies (PAPIEROK *et coll.*, 1973). Nous rappellerons simplement les raisons de ce choix : gîte larvaire

homogène, synchronisme des éclosions lié à la fonte des neiges, densités larvaires élevées.

Le matériel utilisé est simple : une louche d'une capacité d'un litre, prolongée par un manche en bois. L'opérateur se déplace, face au soleil. A un mètre du prélèvement, il reste immobile pendant quelques secondes pour permettre aux larves de reprendre leur activité normale, plonge la louche dans l'eau (fig. 1) et la retire d'un mouvement uniforme en évitant les remous : les larves sont dénombrées directement à leur passage au bec verseur lors du rejet de l'eau du gîte.

De manière à traiter plus aisément les données obtenues, les prélèvements ont été réalisés selon un protocole d'échantillonnage « systématique » (1). La forte hétérogénéité de la distribution spatiale nous a amené à réduire à 1,50 m les points de « dipping ». Une série de « dipping » représente donc la totalité des prélèvements, réalisés tous les 1,50 m, les uns à la suite des autres et sans répétition sur l'ensemble de la mare. Dans le cas particulier, la « série » comporte jusqu'à 118 coups de louche. Un opérateur entraîné réalise cette opération en deux heures environ. Au cours du nyctémère, il est donc possible de répéter une dizaine de fois l'opération. Chaque série permet de définir un nombre moyen de larves par coup de louche. Ce nombre, pris comme estimateur de la densité larvaire moyenne et rapporté au volume total de la mare, permet de calculer l'effectif total de la population.

(1) Le protocole d'« échantillonnage aléatoire » dont la définition est plus ambiguë a été rejeté. Néanmoins, il a été possible de l'analyser *a posteriori* grâce aux données de l'échantillonnage systématique (cf. *infra*).

FIG. 1. — Dénombrement des populations larvaires d'*Aedes cataphylla* Dyar, 1916 par la méthode du « dipping ». Gîte n° 10, route n° D.60 Mont Louis-La Bouillouse (P.O.) Alt. 1700 m. Dans la mare, peuplement de *Carex vesicaria*; en bordure, prairie à *Nardus stricta*; à l'arrière plan, la forêt de *Pinus uncinata* et *Pinus sylvestris*. L'opérateur effectue ses « plongées » tous les 1,50 m suivant un plan d'échantillonnage systématique organisé par rapport aux piquets fixes. Les larves remises dans le gîte au point même de prélèvement sont décomptées à leur passage au bec verseur de la louche. Dans le cas d'une population importante, elles sont placées préalablement dans un plateau en matière plastique.



RESULTATS.

Le 16 mai 1971, la méthode de « capture-marquage-recapture » donne une estimation de $1\ 938\ 972 \pm 24\ 447$ larves (PAPIEROK *et coll.*, 1973). Le même jour, quatre séries de « dipping » sont réalisées, respectivement à 7 heures, 12 heures, 18 heures et 24 heures. Quatre valeurs d'effectif sont ainsi obtenues (extrêmes 1 573 131 et 2 009 632). La valeur moyenne, 1 793 024, ne diffère que de 8 % de l'estimation obtenue par la méthode de marquage.

La concordance entre les deux méthodes apparaît également dans l'observation suivante : le 16 mai un prélèvement de larves est effectué pour le marquage au 32 P. Deux séries de dipping, encadrant ce prélèvement, permettent d'apprécier à 44,7 % le taux de capture. Après recapture, la méthode du marquage donne le taux

TABLEAU I. — Fidélité du dipping au cours d'une même journée.

Date	Valeurs extrêmes sur 4 séries de mesures	Moyenne des mesures	Variations extrêmes moyenne
6-5-1971.	2 328 160 2 455 146	2 378 854	- 2,1 % + 3,2 %
7-5-1971.	2 270 314 3 057 075	2 734 371	- 16,9 % + 11,8 %
16-5-1971.	1 573 131 2 009 732	1 793 024	- 12,3 % + 12,1 %

de 42,5 %, résultat très voisin, sinon identique si l'on tient compte de la mortalité due aux manipulations. La méthode de dipping se révèle par ailleurs fidèle, comme en témoignent les résultats de séries de prélèvements effectués le même jour : les estimations concordent avec une variabilité maximale de $\pm 17\%$ (tabl. I).

Le nombre moyen de larves, capturées lors d'une série, constitue donc un bon estimateur de la densité larvaire moyenne. Dans le cas des gîtes subalpins à *Aedes cataphylla*, la méthode utilisant le coup de louche « systématique » tous les 1,50 m se comporte comme une méthode d'échantillonnage *sensu stricto*.

DISCUSSION.

Dans le but de rendre la méthode opérationnelle, il convenait de déterminer le nombre minimal de prélèvements ainsi que leur répartition optimale dans le gîte.

Pour ce faire, les résultats des séries ont été analysés d'une part sur la base « systématique » tous les 1,50, 3, 4, 5 et 6 mètres, d'autre part sur la base « aléatoire » après tirage au sort. Dans les deux cas, les résultats montrent que la variabilité moyenne des effectifs est uniquement fonction du nombre de prélèvements (tabl. II). Le graphe

TABLEAU II. — Fluctuations moyennes des effectifs calculés, en fonction du nombre de prélèvements et du mode d'échantillonnage.

Mode d'échantillonnage	Nombre de prélèvements	Variation moyenne des effectifs calculés
Systématique	8	$\pm 50\%$
Systématique	13	$\pm 27\%$
Systématique	30	$\pm 16\%$
Aléatoire.	30	$\pm 18,5\%$
Systématique	60	$\pm 12\%$
Aléatoire.	60	$\pm 11\%$
Systématique	118	$\pm 7\%$

de cette relation est une exponentielle (fig. 2). Il montre que la précision optimale de l'estimation correspond à des séries de 302 prélèvements, autrement dit à un prélèvement tous les 0,50 m. La variabilité augmente proportionnellement à sa propre valeur quand le nombre de mesures diminue. Elle devient infinie lorsque ce nombre tombe au dessous de 8. Le seuil de 60 correspondant au point

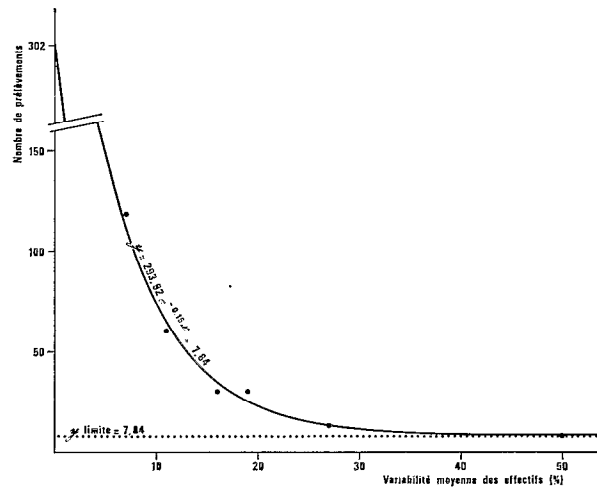


FIG. 2 — Fluctuations moyennes des effectifs d'*Aedes (O.) cataphylla* (Méthode du Dipping) $r = 0,998$ $ddl = 4$

TABLEAU III. — Variations des effectifs calculées selon les modalités d'échantillonnage

Effectifs de référence Moyenne des prélèvements effectués le même jour	Dates et heures	Effectifs calculés d'après les séries de prélèvements effectués tous les 2 mètres (éch. systématique)			Effectifs calculés d'après les séries de prélèvements effectués tous les 3 mètres (éch. systématique)			Effectifs calculés d'après des séries de prélèvements effectués tous les 4,50 m (éch. systématique)			Effectifs calculés d'après des séries de prélèvements effectués tous les 6 mètres (éch. systématique)			Effectifs calculés d'après un échantillonnage par tirage au sort (éch. au hasard)			
		Nombre de prélèvements	Effectif	Variation	Nombre de prélèvements	Effectif	Variation	Nombre de prélèvements	Effectif	Variation	Nombre de prélèvements	Effectif	Variation	60 prélèvements		30 prélèvements	
														Effectif	Variation	Effectif	Variation
2 378 854	6 mai 6 h 30	60	2 495 819	+ 4,9 %	30	1 806 410	- 24,1 %	12	1 505 721	- 36,7 %	9	5 060 000	+ 112,7 %	2 317 732	- 2,6 %	1 919 243	- 23,5 %
		59	2 128 183	- 10,5 %	28	2 069 699	- 13,0 %	12	2 480 114	+ 4,3 %	7	2 765 714	+ 16,3 %				
	13 h 30	60	2 314 350	- 2,7 %	31	2 130 224	- 10,5 %	12	1 890 694	- 20,5 %	9	5 910 667	+ 148,5 %	2 463 826	+ 3,6 %	1 849 842	- 22,2 %
		59	2 348 655	- 1,3 %	28	2 504 438	+ 5,3 %	14	3 229 964	+ 35,8 %	7	4 092 000	+ 72,0 %				
	18 h 30	60	2 437 153	+ 2,5 %	30	2 218 036	- 6,8 %	12	1 939 671	- 18,5 %	9	3 925 777	+ 65,0 %	2 271 341	- 8,8 %	1 998 898	- 16,0 %
		59	2 429 695	+ 2,1 %	28	2 959 213	+ 24,4 %	14	2 999 404	+ 26,1 %	7	4 739 428	+ 99,2 %				
2 734 371	7 mai 6 h	60	2 096 339	- 23,3 %	30	1 825 667	- 33,2 %	14	1 916 403	- 29,9 %	7	1 415 029	- 48,3 %	3 006 492	+ 10	2 271 341	- 16,9 %
		59	2 401 356	- 12,2 %	29	2 614 650	- 4,4 %	14	2 820 670	+ 3,2 %	8	2 987 245	+ 9,2 %				
	12 h 30	60	2 396 881	- 12,3 %	29	2 571 763	- 5,9 %	12	1 917 460	- 30,0 %	7	1 288 180	- 52,9 %	3 272 270	+ 19 %	2 450 500	- 10,4 %
		59	3 300 000	+ 20,7 %	30	3 407 014	+ 24,6 %	14	4 238 934	+ 55 %	8	4 664 100	+ 70,6 %				
	18 h	60	3 296 271	+ 20,5 %	30	2 839 917	+ 3,9 %	12	2 366 951	- 13,4 %	7	1 789 481	- 34,6 %	2 894 700	+ 5,9 %	3 421 919	+ 25,1 %
		59	2 760 068	+ 0,9 %	28	3 475 865	+ 27,1 %	14	3 823 292	+ 39,8 %	9	3 889 215	+ 42,2 %				
	24 h	60	2 600 475	- 4,9 %	30	2 219 516	- 18,8 %	14	2 090 912	- 23,5 %	7	1 706 994	- 37,6 %	3 626 573	+ 32,6 %	4 308 740	+ 57,6 %
		59	2 816 746	+ 3,0 %	29	3 087 954	+ 12,9 %	14	3 626 573	+ 32,6 %	7	4 308 740	+ 57,6 %				
1 793 024 1 938 972 (1)	16 mai 7 h	60	2 389 424	+ 33,3 %	28	1 542 435	- 14 %	13	3 113 846	+ 73,7 %	9	2 644 889	+ 47,5 %	1 678 594	- 6,4 %	1 604 390	- 10,5 %
		59	2 133 627	+ 19,0 %	27	1 802 646	+ 0,5 %	12	2 489 667	+ 38,9 %	7	2 526 857	+ 40,9 %				
	13 h	61	1 638 820	- 8,6 %	31	1 256 474	- 29,9 %	14	1 518 000	- 15,3 %	9	1 613 333	- 10,0 %	2 397 308	+ 33,7 %	1 238 791	- 30,9 %
		60	1 343 467	- 25,1 %	33	1 802 646	+ 6,7 %	14	1 782 000	+ 0,6 %	7	1 602 857	- 10,6 %				
	18 h	61	2 335 607	+ 30,3 %	29	1 406 457	- 21,6 %	14	1 646 857	- 8,2 %	9	1 305 333	- 27,2 %	2 071 385	+ 15,5 %	2 085 934	+ 16,3 %
		60	1 661 000	- 7,4 %	31	2 496 019	+ 39,2 %	13	3 782 000	+ 70,1 %	7	1 773 143	- 56,9 %				
	24 h	60	2 183 867	+ 21,8 %	29	1 772 169	- 1,2 %	14	2 024 000	+ 12,9 %	9	1 774 667	- 1,0 %	2 071 385	+ 15,5 %	2 085 934	+ 16,3 %
		60	1 669 067	- 6,9 %	31	2 337 792	+ 30,4 %	13	2 071 385	+ 15,5 %	7	1 257 143	- 29,9 %				

(1) Effectif de référence calculé par la méthode de « capture-recapture », après marquage au 32 P.

(2) Les deuxièmes lignes de résultats correspondent à la position « bis » de la grille.

d'inflexion de la courbe nous paraît acceptable (1). Dans le cas de l'échantillonnage systématique, il correspond à un prélèvement tous les 2 mètres. Toutefois, dans cette dernière méthode, le signe de l'erreur par rapport à l'effectif de base, est influencé par la construction de la grille de prélèvements : les grilles « bis », comportant un nombre plus important de prélèvements « de bordure » conduisent à des estimations biaisées « en plus » (tabl. III).

Quoi qu'il en soit, la méthode « systématique » paraît préférable à la méthode « aléatoire ». En pratique de terrain, le plan d'échantillonnage aléatoire paraît en effet difficile, voire impossible à respecter.

*
**

Réalisée selon le protocole « systématique » en utilisant, une grille de maille inférieure à 2 mètres et recouvrant l'ensemble du gîte la méthode du dipping conduit à l'estimation absolue des populations larvaires d'*Aedes*. Par ailleurs la rapidité et la simplicité de cette méthode en font un outil précieux tant pour le responsable opérationnel qui tient à apprécier correctement le résultat d'une campagne de démoustication, que pour l'écologiste poursuivant une étude de dynamique de populations.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 17 septembre 1974.

BIBLIOGRAPHIE

- BELKIN (J. N.), 1954. — Simple larval and adult mosquito indexes for routine mosquito control operations. *Mosquito News*, 14 : 127-131.
- BLISS (C. I.) and FISHER (R. A.), 1953. — Fitting the negative binomial distribution to biological data and a note on the efficient fitting to the negative binomial. *Biometrics*, 9 : 176-200.
- BOYD (M. F.), 1949. — *Malariaology*. W. B. Saunders and Co., Philadelphia, vol. 1, 787 p.
- GJULLIN (C. M.), SAILER (R. I.), STONE (A.) and TRAVIS (B. V.), 1961. — The mosquitoes of Alaska. *U.S. Dept. Agri.*, 182 : 1-93.
- HAGSTRUM (D. W.), 1971. — Evaluation of the standard pint dipper as a quantitative sampling device for mosquito larvae. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 64 : 537-540.
- HAPPOLD (D. C.), 1965. — Mosquito ecology in Central Alberta. I. The environment, the species, and studies of the larvae. *Can. J. Zool.*, 43 : 795-819.
- HAUFE (W. O.), 1957. — Physical environment and behaviour of immature stages of *Aedes communis* (Diptera-Culicidae) in subarctic Canada. *Can. Ent.*, 89 : 120-139.
- HOCKING (B.), 1953. — Notes on the activities of *Aedes* larvae. *Mosquito News*, 13 : 77-81.
- HORSFALL (W. R.), 1946. — Area sampling of populations of larval mosquitoes in rice fields. *Ent. News*, 57 : 242-244.
- HUSBANDS (R. C.), 1969. — An improved technique of collecting mosquito larvae for control operations. *Calif. Vector Views*, 16 : 67-72.
- KNIGHT (K. L.), 1964. — Quantitative methods for mosquito larval surveys. *J. Med. Ent.*, 1 : 109-115.
- PAPIEROK (B.), 1972. — Dénombrement de populations larvaires de Culicidés (*Diptera-Culicidae*). Estimations comparées de l'effectif de populations larvaires d'*Aedes cataphylla* Dyar et d'*Aedes detritus* (Haliday) dans le sud de la France, à l'aide de la méthode de « Capture-marquage-recapture » et de la méthode utilisant le coup de louche ou « Dipping ». *Thèse doctorat spécialité, Université Paris VI*, 133 p. dact.
- PAPIEROK (B.), CROSET (H.) et RIOUX (J. A.), 1973. — Estimation de l'effectif des populations larvaires d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 (*Diptera-Culicidae*) I. — Méthode de « capture-marquage-recapture ». *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XI, n° 4 : 243-249.
- RIOUX (J. A.), 1958. — Les Culicidés du « Midi » méditerranéen. *Paul Lechevallier, Paris*, 303 p.
- RIOUX (J. A.), CROSET (H.), SUQUET (P.) et TOUR (S.), 1968. — Essais de marquage par le phosphore radioactif P 32 pour l'estimation absolue des populations larvaires de Culicidés (*Diptera-Culicidae*). *Vie et milieu*, 19 : 55-62.
- RUSSEL (P. F.), WEST (L. S.), MANWELL (R. D.) and MACDONALD (G.), 1963. — *Practical Malariaology*. Oxford Univ. Press, London, 750 p.
- SERVICE (M. W.), 1968. — The ecology of the immature stages of *Aedes detritus* (*Diptera-Culicidae*). *J. appl. Ecol.*, 5 : 613-630.
- SERVICE (M. W.), 1971. — Studies on sampling larval populations of the *Anopheles gambiae* complex. *Bull. Org. mond. Santé*, 45 : 169-180.
- SHEMANCHUK (J. A.), 1959. — Mosquitoes (*Diptera-Culicidae*) in irrigated areas of southern Alberta and their seasonal changes in abundance and distribution. *Can. J. Zool.*, 37 : 899-912.
- SOUTHWOOD (T. R.), 1966. — Ecological methods. *Methuen and Co., London*, 391 p.
- WADA (Y.), 1965. — Population studies on Edmonton mosquitoes. *Questiones entomologicae*, 1 : 187-222.

(1) Nous entendons par « acceptable » toute valeur dont la variation par rapport à l'effectif de base ne dépasse pas $\pm 30\%$.