

# Relations mathématiques dans le développement des follicules ovariens d' *Anopheles nili* (Theo.), 1904

Pierre CARNEVALE \*  
Michel MOLINIER \*  
Jean MOUCHET \*\*

## RÉSUMÉ.

Au cours de l'étude du cycle gonotrophique d'*Anopheles nili* dans le village de M'Poka (République Populaire du Congo), une relation mathématique entre la taille de l'œuf et son stade de maturation a pu être définie.

La taille du follicule ovarien (« H ») et celle du vitellus (« V »), exprimées en logarithme, varient linéairement en fonction du stade de maturation (« S ») de l'ovaire, donc du temps écoulé depuis l'ingestion du repas de sang, suivant les formules  $\log H = 0,0835.S + 1,86$  et  $\log V = 0,147.S + 1,385$ . L'établissement des coefficients de ces droites peut s'avérer fort utile pour l'étude de l'éthologie et de l'écologie de cette espèce dans les conditions naturelles.

Mots CLÉS: analyse mathématique – physiologie – reproduction – *Anopheles*.

Le développement des follicules consécutif à la digestion du sang chez les moustiques hématophages, a fait l'objet de très nombreuses observations depuis près de cinquante ans (Swellengrebel, 1929). Mais pour la plupart ces travaux, surtout axés sur la physiologie de la digestion et de la vitellogénèse ont été effectués en laboratoire (Clements, 1963).

## ABSTRACT.

The vectorial capacity of a vector varies according to the square of its man-biting habit (Garrett-Jones, 1964) which is the result of the product of frequency of feeding by the human-blood index.

Such a frequency of feeding is related to the duration of the gonotrophic cycle and therefore to the maturation of ovocytes.

During our study of gonotrophic cycle of *Anopheles nili* in M'Poka village (People's Republic of the Congo) a mathematical relationship between the size of the developing ovarian follicle and its maturation stage was derived. A logarithmic formula correlates the length of the follicle ("H") and of the vitellus ("V") with the maturation stage ("S") and hence to the time elapsing since blood feeding:  $\log H = 0,0835.S + 1,86$  and  $\log V = 0,147.S + 1,385$ .

The calculated curves could be very useful for ethological, physiological and epidemiological studies.

KEY WORDS: mathematic analysis – physiology – reproduction.

Par contre, la maturation ovarienne dans les conditions naturelles a été relativement peu étudiée. En région éthiopienne les recherches ont surtout concerné *Anopheles gambiae* (Gillies, 1954; Brun, 1973), *A. merus* (Clarke, 1969), *A. funestus* (Mouchet et Gariou, 1960; Hamon, 1962), *A. moucheti* (Mouchet et Gariou, 1957) et *A. nili* (Choumara et al., 1959).

\* ORSTOM, Brazzaville, B.P. 181, République Populaire du Congo.

\*\* S.S.C. ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93140 Bondy France.

Cette dernière espèce est responsable avec *A. gambiae* A, de la transmission du paludisme humain dans certains villages de la région de Kindamba (République Populaire du Congo) installés à proximité des rivières permanentes Lououlou et Louolo (Adam *et al.*, 1973 obs. non pub.; Carnevale 1974 a et b; Carnevale et Zoulani, 1975).

Dans le cadre d'une étude générale de la bioécologie de cet anophèle et plus spécialement de son cycle gonotrophique, nous avons essayé de déterminer les relations mathématiques qui régissent le développement des follicules. Les observations ont été faites en mai 1975 à M'Poka, la température moyenne était de 26,2°; la moyenne des minima de 20° et la moyenne des maxima de 32,3°, (Carnevale *et al.*, 1976).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES.

Les femelles sauvages, prises après leur repas de sang sur sujets humains, ont été maintenues dans de grandes cages cubiques (30 cm d'arête) placées à l'orée de la forêt de Bangou. Chaque cage regroupait environ une vingtaine de spécimens capturés pendant la même

tranche horaire. Pour suivre la croissance des follicules des séries de femelles ont été régulièrement disséquées toutes les 5 heures, pendant les 40 heures au cours desquelles l'ovocyte se développe progressivement pour acquérir la taille et la forme définitive de l'œuf.

Chaque ovaire, isolé dans une goutte d'eau distillée a été délicatement dilacéré pour isoler des follicules intacts qui ont alors été dessinés au microscope Visopan. On a alors mesuré leur taille suivant le grand axe (" H ") et la hauteur du vitellus (" V ") (Fig. 1). Le rapport de ces deux mensurations a permis d'établir le « degré de remplissage » du follicule par le vitellus ( $DR = V/H \times 100$ ).

Les follicules ont été classés en 8 stades en fonction de ce degré de remplissage (tabl. I).

2. RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.

Les mesures des follicules en développement, des œufs résiduels et des œufs effectivement pondus, (1 527 mesures au total) (tabl. II) ont montré que les follicules quadruplent leur taille au cours de leur maturation.

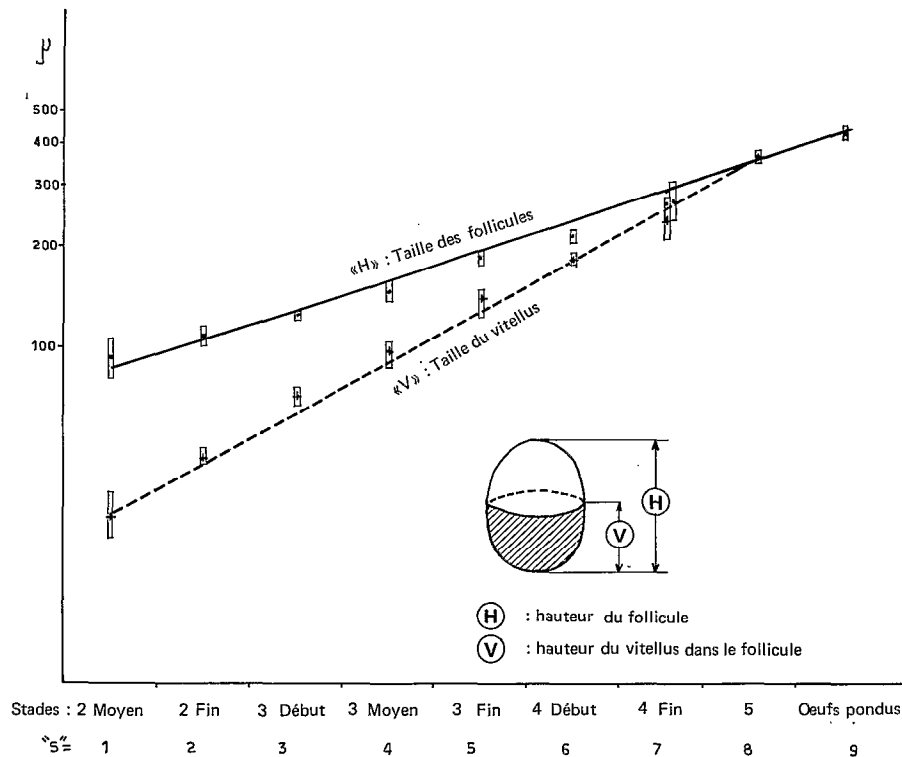


FIG. 1. — Croissance des follicules des femelles paires d'*Anopheles nili* (Theo.), 1904. (Meya, mai 1975).

RELATIONS MATHÉMATIQUES DANS LE DÉVELOPPEMENT DES OVOCYTES D'*ANOPHELES NILI*

TABEAU I. — Caractérisation des divers stades de développement des follicules d'*Anopheles nili*

Stades	Caractères particuliers	Degré de remplissage "D.R."	Taille moyenne du follicule ("H")
2	2 moyen	35 % (1/3)	93 μ
	2 fin	44 % < 50 %	107 μ
3	3 début	57 % > 50 %	125 μ
	3 moyen	66 % (2/3)	146 μ
	3 fin	76 % (3/4)	185 μ
4	4 début	86 %	212 μ
	4 fin	91 %	263 μ
5	Oeufs prêt à être pondus, flotteurs bien visibles.	# 100 %	368 μ
Oeuf pondus			414 μ

En effet au stade 2 moyen ils mesurent environ 93 μ tandis qu'au stade 5 leur taille est en moyenne de 370 μ.

Examinés une dizaine d'heures après le repas de sang, les œufs résiduels, témoins de la ponte précédente, n'ont pas montré de dégénérescence notable (350 μ de moyenne). Par contre la taille de l'œuf quelques instants après la ponte a été légèrement supérieure (414 μ) à celle du follicule au stade 5 (370 μ). Cette augmentation doit être imputée au durcissement des structures chorioniques.

L'analyse mathématique de la croissance du follicule et du vitellus montre que leur évolution s'est faite régulièrement selon des droites logarithmiques (fig. 1) de forme :

-- log H = 0,0835.S + 1,86 (coefficient de régression r = 0,9943).

-- log V = 0,147.S + 1,385 (coefficient de régression r = 0,9976).

Dans ces formules le coefficient " S " correspond au stade de maturation, il est égal à :

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 1 pour le stade | 2 moyen de Christopher |
| 2               | 2 fin                  |
| 3               | 3 début                |
| 4               | 3 moyen                |
| 5               | 3 fin                  |
| 6               | 4 début                |
| 7               | 4 fin                  |
| 8               | 5                      |
| 9               | œuf pondus.            |

3. DISCUSSION ET CONCLUSION.

Les femelles sauvages ont été examinées après avoir été maintenues dans des conditions apparemment fort comparables à celles de la nature. En effet, bien que leurs lieux de repos ne soient pas déterminés avec certitude il est probable qu'ils se situent dans des bosquets anthropiques ou dans un type de végétation similaire à celui où ont été déposés les cages.

Au cours de notre expérimentation l'ovogenèse et la vitellogenèse se sont accomplies de façon tout à fait régulière en une quarantaine d'heures.

La croissance du follicule et celle du vitellus ont pu être exprimées graphiquement par des droites logarithmiques avec des coefficients de régression très proches de 1.

Ces deux courbes peuvent être utilisées pour étudier certains aspects du comportement naturel des femelles d'*A. nili*, notamment pour obtenir à n'importe quel moment de la journée une image relativement précise du cycle d'agressivité la nuit précédente. Les éventuelles variations de ce cycle amenant un retard ou une avance dans l'évolution ovarienne se détecteront aisément par les mensurations des follicules à conditions que celles-ci soient faites quotidiennement à heure fixe.

Ces résultats ont été obtenus dans des conditions climatiques bien définies et il reste à les compléter en étudiant leurs variations en fonction de différents fac-

TABLEAU II. — Croissance des follicules ovariens d'*Anopheles nili* (Meya, mai 1975)

V = hauteur du vitellus; H = hauteur du follicule (en microns); DR = degré de remplissage du follicule par le vitellus; Ef = effectifs.

		NOMBRE D'HEURES APRES LE REPAS DE SANG									
		0	5	10	15	20	25	30	35	Moyenne	
2 M	V	32,71± 3,55	31,43± 8,42	27,50± 9,57	23,75± 2,50	36,25± 2,31	39,00± 9,62	32,50± 6,12	31,88± 5,10		
	H	91,83± 2,81	86,43± 11,84	85,00± 10,00	86,25± 4,79	103,75± 4,43	101,00± 5,48	96,67± 5,16	92,99± 7,61		
	DR	35,62%	36,36%	32,35%	27,54%	34,94%	38,61%	33,62%	34,88%		
	Ef	22	14	4	4	8	5	6			
2 F	V	46,50± 4,76	48,81± 5,71	50,87± 7,50	46,43± 5,05	47,50± 10,33	44,87± 5,50	45,00± 7,75	47,14± 2,14		
	H	109,17± 6,29	109,06± 8,84	116,24± 13,07	103,40± 1,27	112,14± 16,84	100,87± 3,55	100,94± 5,23	107,40± 5,87		
	DR	42,59%	44,76%	43,78%	44,90%	42,36%	44,48%	44,58%	43,89%		
	Ef	18	55	46	11	14	33	16			
3 D	V	73,18± 6,03	69,96± 7,38	70,81± 6,07	68,89± 3,93	75,50± 6,85	75,94± 9,65	69,02± 9,22	71,90± 2,98		
	H	123,18± 7,83	119,94± 12,51	123,43± 6,09	122,50± 3,54	128,50± 10,01	133,72± 14,42	126,11± 15,23	125,34± 4,59		
	DR	59,41%	58,83%	57,37%	56,24%	58,75%	56,79%	54,73%	57,36%		
	Ef	11	103	63	15	56	23	16			
3 M	V	94,16± 5,84	92,16 ± 10,01	107,23± 15,68	88,44± 13,95	98,73± 11,66	92,46± 16,07	101,36± 6,03	96,73± 6,98		
	H	148,33± 12,11	141,47 ± 15,25	157,05± 15,76	135,04± 18,11	143,76± 19,45	146,16± 23,78	154,34± 9,77	146,30± 8,21		
	DR	63,48%	65,14%	68,28%	65,49%	68,68%	63,26%	65,67%	66,12%		
	Ef	16	80	31	89	33	54	43			
3 F	V			146,98± 11,26	135,94± 9,37	136,33± 13,72	151,06± 11,72	143,01± 15,06	140,67± 7,66		
	H			182,83± 14,39	180,85± 7,81	176,00± 14,75	201,51± 10,71	186,73± 13,98	184,65± 8,98		
	DR			80,37%	75,17%	77,46%	74,96%	76,59%	76,18%		
	Ef			44	105	128	51	83			
4 D	V			167,71± 12,39	180,63± 8,21	182,31± 15,41	187,72± 12,21	183,09± 6,56	183,44± 3,03		
	H			191,48± 11,07	204,38± 9,04	211,40± 15,80	217,47± 7,71	216,76± 10,32	212,50± 6,06		
	DR			86,55%	88,38%	86,24%	86,32%	84,47%	86,32%		
	Ef				8	53	22	40			
4 F	V							237,28± 34,67	237,28± 34,67		
	H							263,49± 33,19	263,49± 33,19		
	DR							90,05%	90,05%		
	Ef							104			
5			351,67± 17,56				368,75± 8,54	oeufs pondus	414,02± 27,28%		
			oeufs résiduels								

teurs extérieurs (la température, la photopériode ou la surpopulation etc.). Il serait ainsi possible de déceler et même de prévoir les éventuelles modifications saisonnières (ou dues à des modifications écologiques) du cycle gonotrophique, donc de la capacité vectorielle de la population anophélienne considérée.

Manuscrit reçu au Service des Publications, le 28 septembre 1976

BIBLIOGRAPHIE

BRUN (L.O.), 1973. — Contribution à l'étude biologique et écologique des vecteurs majeurs de paludisme en Afrique de l'Ouest. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Rennes pour obtenir le grade de Docteur-Ingénieur.

CARNEVALE (P.), 1974 a. — Comparaison de trois méthodes de capture pour l'échantillonnage d'une population d'*Anopheles nili* (Theobald), 1904. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XII, n° 2: 135-144.

CARNEVALE (P.), 1974b. — Variations saisonnières d'une population d'*Anopheles nili* (Theobald), 1904 en République Populaire du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XII, n° 3: 165-174.

CARNEVALE (P.) & ZOULANI (A.), 1975. — Aggressivité d'*Anopheles nili* (Theobald), 1904 à l'intérieur et à l'extérieur des maisons. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIII, n° 2: 69-73.

CARNEVALE (P.), BOSSENSO (M.F.) & ZOULANI (A.), 1976. — Etude du cycle gonotrophique des femelles pares d'*Anopheles nili* (Theobald), 1904. *Rapp. multigr. ORSTOM-BRAZZA, EMP/PC/76-186*.

CHOUVARA (R.), HAMON (J.), BAILLY (H.), ADAM (J.P.) & RICOSSE (J.M.), 1959. — Le paludisme dans la zone pilote de Bobo-Dioulasso, Haute-Volta. *Cah. ORSTOM Paris*, 1: 17-123.

CLARKE (J.L.), 1963. — A note on blood digestion and egg development in *Anopheles merus* in Southern Mozambique. May 1964. *WHO/VBC/*: 69-686.

RELATIONS MATHÉMATIQUES DANS LE DÉVELOPPEMENT DES OVOCYTES D'*ANOPHELES NILI*

- CLEMENTS (A.W.), 1963. — *The physiology of mosquitoes*. Pergamon Press. ed., 393 p.
- GARRETT-JONES (C.), 1964. — The Human blood Index of Malaria Vectors in Relation to Epidemiological Assessment. *Bull. Wld. Hlth. org.*, 30 : 241-261.
- GILLIES (M.T.), 1954. — Ovarian development in wild populations of *Anopheles gambiae*. *5th Int. Cong. Trop. Med. Malar.*, 2 : 67-72.
- HAMON (J.), 1962. — Oogenèse anormale chez une femelle d'*Anopheles funestus*. *Bull. Soc. Path. exot.*, 54 : 1212-1214.
- MOUCHET (J.) & GARIOU (J.), 1957. — Cycle gonotrophique d'*Anopheles moucheti* Evans, 1925, dans une localité du Sud-Cameroun. *Bull. Soc. Path. exot.*, 50, 676-681.
- MOUCHET (J.) & GARIOU (J.), 1960. — Anophelisme et Paludisme dans le Département Bamiléké. *Rech. Etudes Camerounaises*, I : 92-114.
- SWELLENGREBEL (N.H.), 1929. — La dissociation des fonctions sexuelles et nutritives (dissociation gonotrophique) d'*Anopheles maculipennis* comme cause du paludisme dans les Pays-Bas et ses rapports avec « l'infection domiciliaire ». *Ann. Inst. Pasteur, Paris*, 43 : 1370-1389.