

Détermination de l'âge par la pesée des cristallins chez cinq espèces de rongeurs Muridés et Gerbillidés de l'ouest de l'Afrique

par

Alain R. POULET

La croissance du poids des cristallins secs en fonction de l'âge est observée à partir de lots d'animaux nés en élevage chez les Muridés africains *Arvicanthis niloticus*, *Mastomys huberti* et *Mastomys erythroleucus*. Des courbes de référence sont construites par ajustement d'une fonction logarithmique aux valeurs observées. Les équations moyennes sont :

$$\bar{Y} = 21,41 \log_{10} X + 8,13 \text{ pour } A. \text{ niloticus} \text{ du Delta du Sénégal,}$$

$$\bar{Y} = 22,41 \log_{10} X + 8,17 \text{ pour } M. \text{ huberti} \text{ de la même région, et}$$

$$\bar{Y} = 20,61 \log_{10} X + 9,27 \text{ pour } M. \text{ erythroleucus} \text{ du Nord-Ferlo,}$$

\bar{Y} étant le poids moyen des cristallins en mg, et X l'âge en mois.

Ces équations sont présentées avec les limites statistiques de la variabilité potentielle des poids de cristallins à chaque âge.

Des circonstances particulières, dues à l'extrême brièveté de la saison de reproduction 1975-1976, ont permis de construire une courbe de référence chez *Taterillus pygargus*, avec les données de l'échantillonnage mensuel d'une population « sauvage » du Delta du Sénégal. L'équation obtenue, $\bar{Y} = 54,17 \log_{10} X + 18,95$, ne peut être différenciée de celle obtenue par Hubert et Adam (1975) avec une souche d'élevage provenant de Bandia (région de Dakar).

Une courbe de référence approchée, de formule $\bar{Y} = 21,42 \log_{10} X + 20$, a été obtenue pour *Gerbillus gerbillus* à partir d'un nombre restreint d'individus capturés au Sahara Occidental Mauritanien.

La discussion porte sur un choix raisonné des classes de poids de cristallins utilisées dans les études démographiques ; les particularités des différentes courbes sont examinées.

L'étude de la démographie d'une population animale nécessite l'identification préalable de critères d'âge. Parmi les nombreuses méthodes relatives ou absolues, répertoriées et discutées par Morris (1972) et Pucek et Lowe (1975), j'ai retenu pour l'étude des populations de rongeurs de l'ouest africain la détermination de l'âge par la pesée des cristallins secs.

Appliquée pour la première fois par Lord (1959) dans une étude sur *Sylvilagus floridanus*, cette méthode est réputée délicate à mettre en œuvre chez les micro-mammifères en raison de la petitesse et de la fragilité des cristallins ; Martinet (1966) pour *Microtus arvalis*, puis Le Louarn (1971) pour *Clethrionomys glareolus* et *Pitymys duodecimcostatus*, ont montré qu'avec quelques précautions de manipulation et une conscience claire des limites de la méthode, celle-ci était parfaitement utilisable chez les petits rongeurs.

En Afrique de l'Ouest, Hubert et Adam (1975) ont donné des courbes de référence pour la détermination de l'âge en fonction du poids des cristallins secs à partir d'animaux d'élevage chez *Mastomys erythroleucus*, *Tatera gambiana*, *Taterillus gracilis* et *Taterillus pygargus*.

C. A. S. T. O. M.

La présente étude a pour objet de fournir des courbes chez 3 autres espèces de rongeurs africains : *Arvicanthis niloticus*, *Mastomys huberti* et *Gerbillus gerbillus*, ainsi que des données complémentaires chez *Mastomys erythroleucus* et *Taterillus pygargus*. La discussion portera sur les modalités théoriques et pratiques d'utilisation des courbes de poids des cristallins en fonction de l'âge.

MATERIEL

Arvicanthis niloticus.

5 couples provenant de la cuvette de Savoigne dans le Delta du Sénégal ont donné 22 portées totalisant 91 individus, répartis en 45 mâles et 46 femelles.

Mastomys huberti.

Ce *Mastomys* de milieux humides est caractérisé par la formule chromosomique $2N = 32$ (Petter, 1977).

9 couples — 8 provenant de la cuvette de Savoigne, 1 des champs de canne à sucre de Richard Toll — ont donné 26 portées totalisant 173 individus, dont 88 mâles et 85 femelles.

L'appartenance des parents à l'espèce à 32 chromosomes a été vérifiée au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (MNHP, Tranier, 1977, com. pers.). Ces résultats sont d'ailleurs confirmés par l'interfécondité des descendants de chaque couple jusqu'à la deuxième génération (F2).

Mastomys erythroleucus.

Ce *Mastomys* de savanes sèches est caractérisé par la formule chromosomique $2N = 38$ (Petter, 1977).

Les animaux étudiés ici sont les représentants d'une population particulière apparue temporairement en limite nord de l'aire de répartition de *M. erythroleucus*, dans le Ferlo septentrional, au cours d'une pullulation de rongeurs en 1975-1976.

3 couples provenant de la savane sahélienne de Fete-Ole ont donné 14 portées totalisant 94 individus, dont 46 mâles et 48 femelles. L'appartenance de ces *Mastomys* à l'espèce à 38 chromosomes a été vérifiée (MNHP, Tranier, 1977, com. pers.)

Taterillus pygargus.

5 lots, totalisant 367 individus d'une même cohorte, ont pu être extraits d'échantillons prélevés mensuellement dans la population de *T. pygargus* vivant sur les dunes de Savoigne, entre novembre 1975 et mars 1976. Ces animaux sont répartis en 188 mâles et 179 femelles. L'appartenance de cette population à l'espèce *T. pygargus* ($2N = 22$) a été vérifiée par l'examen des séro-protéines selon la technique décrite par Hubert et Baron (1973) sur un échantillon de 27 individus, tous classés « *pygargus* ».

Gerbillus gerbillus.

Le cycle annuel d'une population de *Gerbillus gerbillus* du Sahara Occidental Mauritanien a été étudié par Klein *et al.* (1975) sans qu'il ait été possible d'analyser

la structure démographique des échantillons, faute de critères d'âge disponibles. Cependant 29 individus très jeunes, capturés en 1973-1974 près du puit de Chami (R.I.M.), et mis en élevage à Dakar, ont servi de matériel de base pour construire une courbe de croissance des poids de cristallins ; ces données ont été complétées par l'adjonction de 10 individus provenant de 3 portées obtenues en élevage à Dakar.

MÉTHODES

1) DESCRIPTION DE LA MANIPULATION

Dès leur mort, les animaux sont autopsiés, mesurés et leurs yeux plongés dans une solution de formol à 10% (= formaldéhyde à 4%) ; les yeux y restent 3 semaines, puis les cristallins sont extraits et placés 7 jours dans une solution de formol à 25% (formaldéhyde à 10%).

Ensuite les cristallins sont desséchés à l'étuve à 105°C pendant deux heures.

La pesée a lieu immédiatement après, les cristallins étant placés dans un dessiccateur pour éviter les risques de réhydratation ; les deux cristallins sont pesés ensemble sur une balance au 1/10 de mg.

2) ETABLISSEMENT DES COURBES DE RÉFÉRENCE

A la suite de Dudzinski et Mykytowycz (1961) qui discutaient l'intérêt d'exprimer les courbes de croissance du poids des cristallins en fonction de l'âge, en utilisant des coordonnées en échelle logarithmique, la plupart des auteurs qui ont présenté des courbes ont cherché à en donner des représentations mathématiques. Myers et Gilbert (1968), puis Connolly *et al.* (1969), considérant le logarithme du poids des cristallins, ont abouti à des formules complexes, tandis que Martinet (1966), puis Bothma *et al.* (1972), ayant préféré mettre l'âge en échelle logarithmique, ont produit des équations beaucoup plus simples.

J'ai choisi cette dernière solution. Le poids des cristallins étant une fonction de l'âge, les courbes ont été traduites par des droites d'équation $\bar{Y} = b \log_{10} X + a$, où \bar{Y} représente le poids moyen des cristallins en mg et X l'âge correspondant en mois (de 30 jours).

En pratique les animaux sont sacrifiés par lots à des âges choisis. L'équation cherchée peut résulter de l'ajustement d'une fonction logarithmique, soit à l'ensemble des poids de cristallins de chaque individu, soit aux moyennes de poids obtenues à chaque âge. La courbe résultante est la courbe d'évolution moyenne.

Pour un âge donné, les poids de cristallins se répartissent selon une distribution que j'ai supposée, a priori, « normale » ; dans ces conditions, des limites à la répartition des poids de cristallins en fonction de l'âge peuvent être fixées, à partir de la courbe moyenne, en ajoutant ou en retranchant 1 ou 2 écarts-types, et en ajustant les points obtenus.

RÉSULTATS

1) *Arvicanthis niloticus*

Les données de base sont les suivantes :

Age en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
1	19	8,45 \pm 0,31	0,62
2	13	14,95 \pm 0,43	0,68
3	19	17,06 \pm 0,48	0,97
4	12	21,55 \pm 0,73	1,10
5	7	22,51 \pm 1,03	1,03
6	5	25,42 \pm 2,87	2,07
8	10	28,83 \pm 1,48	1,46
10	6	28,60 \pm 1,18	1,02

A partir de ces résultats, en procédant par ajustement, on peut calculer les valeurs a et b de l'équation ($Y = b \log_{10} X + a$) dans plusieurs cas particuliers : moyenne pour l'ensemble des individus (\bar{Y}), moyenne pour les mâles \bar{y}_m , moyenne pour les femelles \bar{y}_f ; les ajustements des limites à $\pm \sigma$ et $\pm 2 \sigma$ de la distribution des poids de cristallins par rapport aux moyennes marquent les limites de répartition des individus sur les graphiques (Fig. 1).

J'ai obtenu les équations suivantes :

\bar{Y}	= 21,41 \pm 0,44	$\log_{10} X + 8,13 \pm 0,25$	$r^2 = 0,96$
\bar{y}_m	= 21,14	$\log_{10} X + 8,24$	$r^2 = 0,97$
\bar{y}_f	= 21,68	$\log_{10} X + 8,00$	$r^2 = 0,96$
$\bar{Y} - 2 \sigma$	= 19,63	$\log_{10} X + 6,95$	$r^2 = 0,99$
$\bar{Y} - \sigma$	= 20,52	$\log_{10} X + 7,54$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + \sigma$	= 22,31	$\log_{10} X + 8,72$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + 2 \sigma$	= 23,20	$\log_{10} X + 9,31$	$r^2 = 0,99$

r^2 , coefficient de détermination, donne une idée de la valeur des ajustements calculés.

2) *Mastomys huberti*

Les données de base sont les suivantes :

Age en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
1	62	8,38 \pm 0,16	0,66
2	48	14,71 \pm 0,32	1,09
3	39	18,37 \pm 0,55	1,71
4	6	20,93 \pm 1,22	1,16
5	12	24,86 \pm 0,90	1,43
6	6	26,92 \pm 2,48	2,37

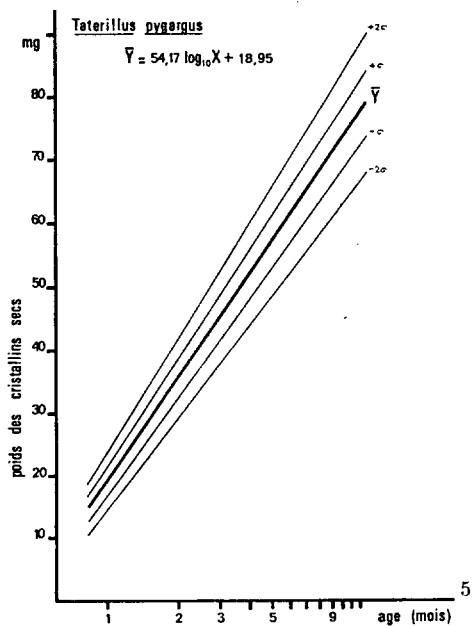
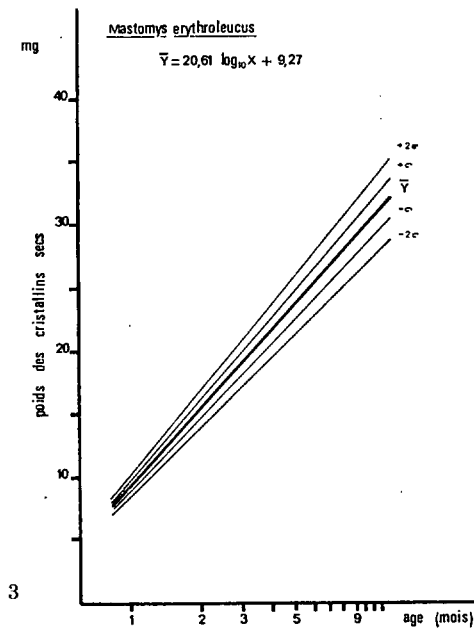
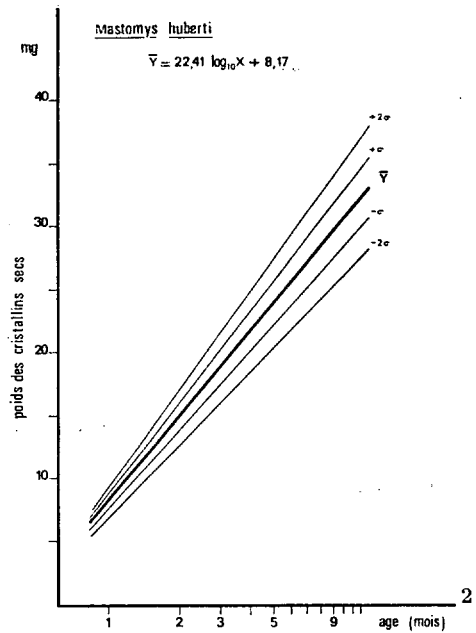
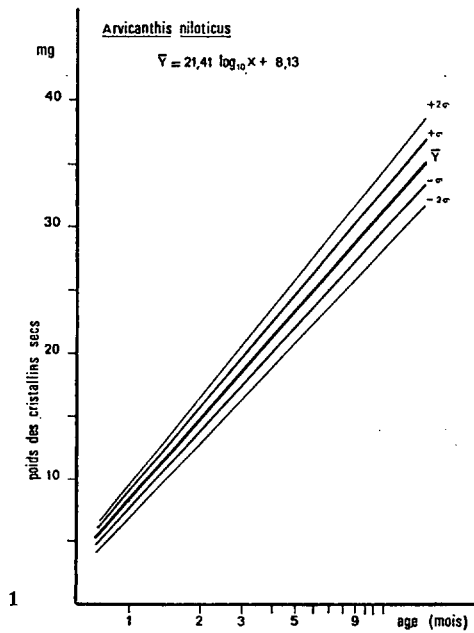


Fig. 1. — Evolution du poids des cristallins secs en fonction de l'âge chez *Arvicanthis niloticus* (origine : Delta du Sénégal, élevage).

Fig. 2. — Evolution du poids des cristallins secs en fonction de l'âge chez *Mastomys huberti* (origine : Delta du Sénégal, élevage).

Fig. 3. — Evolution du poids des cristallins secs en fonction de l'âge chez *Mastomys erythroleucus* (origine : Fete-Ole, Ferlo, élevage).

Fig. 5. — Evolution du poids des cristallins secs en fonction de l'âge chez *Taterillus pygargus* (origine : Delta du Sénégal, prélèvement dans la nature).

Comme précédemment, des ajustements donnent les équations des courbes moyennes et des limites (Fig. 2) :

\bar{Y}	= 22,41 ± 0,40	$\log_{10}X + 8,17 \pm 0,21$	$r^2 = 0,95$
\bar{y}_m	= 21,63	$\log_{10}X + 8,42$	$r^2 = 0,93$
\bar{y}_f	= 23,14	$\log_{10}X + 7,89$	$r^2 = 0,96$
$\bar{Y} - 2\sigma$	= 19,16	$\log_{10}X + 6,91$	$r^2 = 0,98$
$\bar{Y} - \sigma$	= 20,79	$\log_{10}X + 7,54$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + \sigma$	= 24,04	$\log_{10}X + 8,80$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + 2\sigma$	= 25,66	$\log_{10}X + 9,43$	$r^2 = 0,99$

3) *Mastomys erythroleucus*

Données de base :

Age en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
1	10	10,34 ± 0,32	0,43
2	21	15,01 ± 0,42	0,90
3	31	18,75 ± 0,33	0,87
4	18	21,70 ± 0,43	0,84
7	14	27,34 ± 0,86	1,43

Equations des moyennes et limites obtenues par ajustements :

\bar{Y}	= 20,61 ± 0,47	$\log_{10}X + 9,27 \pm 0,25$	$r^2 = 0,95$
\bar{y}_m	= 20,85	$\log_{10}X + 9,28$	$r^2 = 0,94$
\bar{y}_f	= 20,55	$\log_{10}X + 9,18$	$r^2 = 0,96$
$\bar{Y} - 2\sigma$	= 18,57	$\log_{10}X + 8,38$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} - \sigma$	= 19,59	$\log_{10}X + 8,82$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + \sigma$	= 21,62	$\log_{10}X + 9,71$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + 2\sigma$	= 22,64	$\log_{10}X + 10,15$	$r^2 = 1,00$

Les courbes obtenues sont représentées sur la figure 3.

4) *Taterillus pygargus*

Ce cas est différent des 3 premiers, les données de base ne proviennent plus d'animaux d'élevage, mais d'échantillons mensuels d'une population libre, chez laquelle des circonstances particulières ont permis d'isoler avec certitude les individus nés un même mois.

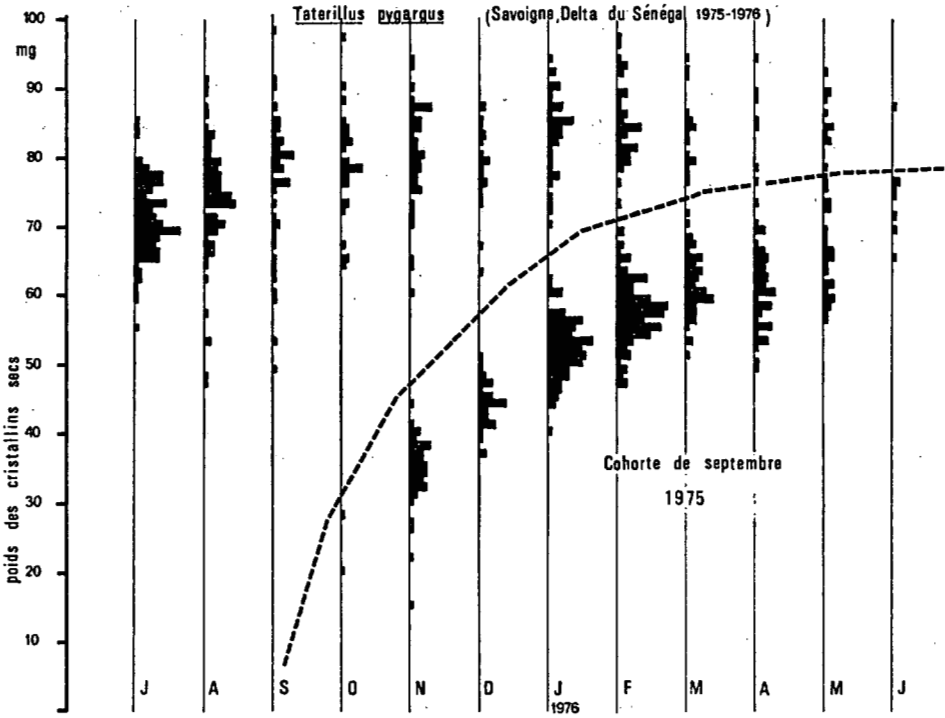


Fig. 4

Fig. 4. — Distribution des poids des cristallins de chaque individu dans les échantillons prélevés chaque mois en 1975-76 dans la population de *Taterillus pygargus* des dunes de Savoigne dans le Delta du Sénégal ; mise en évidence de la cohorte de septembre 1975.

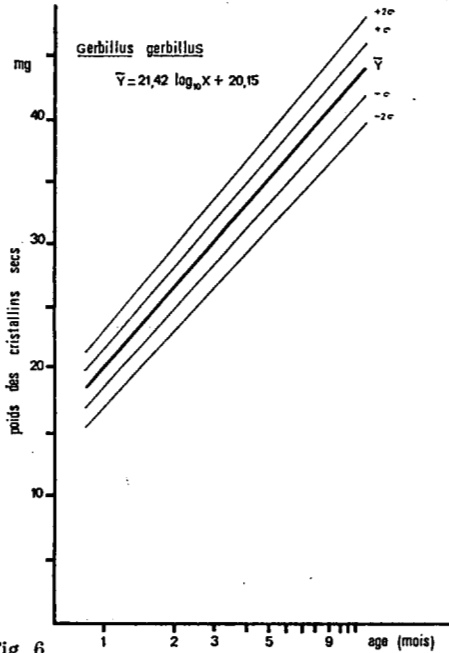


Fig. 6

Fig. 6. — Evolution du poids des cristallins secs en fonction de l'âge chez *Gerbillus gerbillus* (origine : Sahara Occidental Mauritanien, prélèvements dans la nature + élevage au laboratoire).

La reproduction des rongeurs sahéliens, très saisonnière, est conditionnée par la saison des pluies et s'étend en général de la fin de celles-ci à la mi-saison sèche (Poulet, 1972) ; en 1975, la reproduction a débuté en septembre, mais s'est arrêtée tout de suite, dès le début d'octobre : les jeunes de cette année-là sont donc tous du mois de septembre, comme en témoignent les chiffres exposés ci-dessous, qui portent sur les pourcentages de femelles en œstrus, en gestation, en lactation et en fin de lactation parmi les femelles adultes dans les échantillons mensuels de la population de *T. pygargus* des dunes de Savoigne entre août et novembre 1975.

Date	Femelles adultes	Femelles en œstrus	Femelles gestantes	Femelles allaitantes	Femelles en fin de lactation
Août	38	0	0	0	0
Septembre	25	5	15	5	0
Octobre	15	0	1	4	10
Novembre	30	0	0	5	25

Les naissances sont concentrées entre les premiers jours de septembre et les premiers jours d'octobre, avec un maximum probable vers la mi-septembre. L'absence de naissances en août et pratiquement en octobre permet d'isoler la cohorte de septembre et de la suivre dans le temps. La figure 4 donne la distribution de fréquence des poids des cristallins secs des échantillons mensuels de la population de *T. pygargus* de Savoigne en 1975-1976. L'établissement de la courbe de variation du poids des cristallins en fonction de l'âge a été entrepris avec, comme données de base, les valeurs fournies par 367 individus nés en septembre et faisant partie des échantillons mensuels de novembre et décembre 1975, et de janvier, février et mars 1976.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Date de prélèvement et âge en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
Novembre 2	45	35,71 ± 0,92	3,06
Décembre 3	38	43,74 ± 1,12	3,48
Janvier 4	106	52,02 ± 0,78	4,02
Février 5	124	57,11 ± 0,82	4,56
Mars 6	54	60,96 ± 1,12	4,12

Comme dans les autres cas, il est possible d'établir la variation moyenne de l'ensemble des individus, des mâles ou des femelles, ainsi que les limites à la répartition des poids de cristallins par rapport à l'âge :

\bar{Y}	= 54,17 ± 2,00	$\log_{10}X + 18,95 + 1,20$	$r^2 = 1,00$
\bar{Y}_m	= 56,11	$\log_{10}X + 18,81$	$r^2 = 0,99$
\bar{Y}_f	= 52,35	$\log_{10}X + 18,99$	$r^2 = 0,99$
$\bar{Y} - 2\sigma$	= 48,54	$\log_{10}X + 14,47$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} - \sigma$	= 51,20	$\log_{10}X + 16,78$	$r^2 = 1,00$
$\bar{Y} + \sigma$	= 56,86	$\log_{10}X + 21,23$	$r^2 = 0,99$
$\bar{Y} + 2\sigma$	= 59,79	$\log_{10}X + 23,44$	$r^2 = 0,99$

Ces équations sont représentées graphiquement sur la figure 5.

5) *Gerbillus gerbillus*

Les courbes précédentes ont été établies à partir d'animaux dont la date de naissance était connue, soit parce qu'il s'agissait d'animaux d'élevage, soit parce que la période annuelle de reproduction dans la nature était exceptionnellement courte. Mais lorsque les naissances sont réparties sur de long mois, et qu'il n'a pas été possible d'obtenir la reproduction en élevage, la seule solution envisageable est de capturer des individus jeunes, dont l'âge à la capture est estimé en fonction de la taille, puis de laisser vieillir ces animaux en captivité : ce procédé retenu, entre autres, par Myers et Gilbert (1968) pour l'étude du lapin *Oryctolagus cuniculus* en Australie, donne des courbes approchées, en général suffisantes pour une utilisation pratique.

N'ayant pu obtenir à Dakar la reproduction en élevage de *Gerbillus gerbillus* issus du Sahara Occidental, j'ai dû me résoudre à la construction d'une courbe selon une telle méthode.

L'estimation de l'âge à la capture est effectuée avec une certaine imprécision, mais l'erreur absolue ne variant pas avec le temps, l'erreur relative devient rapidement négligeable. La principale difficulté est de se procurer de très jeunes individus en nombre suffisant, car ceux-ci sont en général sous-représentés dans les captures et il est parfois difficile de les ramener vivants jusqu'au laboratoire où ils seront mis en élevage.

Chez *G. gerbillus* les poids les plus faibles enregistrés sont de l'ordre de 8 et 9 g : ces individus, très rarement capturés, ne sont pas encore émancipés et se sont fait prendre lors de l'une de leurs toutes premières sorties du nid maternel. Le poids qui semble correspondre à l'émancipation varie de 9 à 13 g.

J'ai retenu un lot de 29 individus dont les poids à la capture étaient 10 et 11 g. Dans les 14 jours qui ont suivi la mise en élevage, 12 de ces animaux ont montré une croissance pondérale moyenne de 0,35 g par jour ; en supposant un poids à la naissance de l'ordre de 2 g, l'âge à la capture peut être estimé à 24-25 jours à 3 jours près, soit 0,8 mois ± 0,1. Ceci concorde avec l'âge de l'émancipation chez d'autres Gerbillidés comme les *Taterillus* par exemple (Poulet, 1972).

Les 29 individus ont été répartis en 4 lots sacrifiés à des âges différents. La pesée des cristallins secs a donné les moyennes suivantes :

Age estimé en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
0,8 ± 0,1	12	16,15 ± 1,18	1,86
2,8 ± 0,1	8	30,94 ± 0,76	0,91
11,2 ± 0,1	4	43,50 ± 5,63	3,54
15,7 ± 0,1	5	43,36 ± 2,51	2,02

L'ajustement de ces 4 moyennes peut se faire par la droite d'équation : $Y = 21,63 \log_{10}X + 19,45$ avec un coefficient de détermination $r^2 = 0,98$ qui indique une bonne corrélation.

J'ai pu obtenir par la suite 3 autres valeurs moyennes, grâce à 2 portées issues de femelles ramenées gestantes au laboratoire, et à une portée issue d'un couple en élevage à Dakar ; sur 10 individus d'âge réellement connu, 9 ont des poids de cristallins situés dans la marge de variation possible calculée à partir de l'équation présentée ci-dessus, ce qui implique que les estimations d'âge sont proches de la réalité.

Les données de base étant en nombre restreint, j'ai préféré retenir comme équation de référence celle obtenue en ajoutant aux valeurs estimées les trois nouvelles moyennes :

Age en mois	Effectif de chaque âge n	Moyenne \bar{m}	Ecart-type σ
3	4	31,68 ± 4,08	2,57
6	2	38,40 ± 6,36	0,71
9	4	39,95 ± 2,62	1,65

L'ajustement sur 7 moyennes et l'établissement de la variabilité potentielle à ± 1 et 2 écarts-types donnent comme résultats :

\bar{Y}	= 21,42	$\log_{10}X + 20,15$	$r^2 = 0,97$
$\bar{Y} - 2\sigma$	= 20,40	$\log_{10}X + 17,06$	$r^2 = 0,96$
$\bar{Y} - \sigma$	= 20,92	$\log_{10}X + 18,60$	$r^2 = 0,99$
$\bar{Y} + \sigma$	= 21,94	$\log_{10}X + 21,69$	$r^2 = 0,99$
$\bar{Y} + 2\sigma$	= 22,45	$\log_{10}X + 23,23$	$r^2 = 0,99$

Ces équations sont représentées graphiquement sur la figure 6.

DISCUSSION

1) MODALITÉS D'UTILISATION DES COURBES

La variabilité potentielle du poids des cristallins à chaque âge a des conséquences importantes pour la signification réelle des courbes données en référence, car elle agit sur les limites de l'âge possible pour un poids, et elle conditionne de manière primordiale le choix de classes de poids.

Dudzinski et Mykytowycz (1961) assortissent la courbe proposée pour *Oryctolagus cuniculus* de simples limites graphiques de variabilité à 95% ; Bothma *et al.* (1972) fournissent un tableau des limites d'âges probables à 90% pour de nombreux poids

chez *Sylvilagus floridanus*. Les modalités théoriques et pratiques de l'utilisation de ces courbes ne sont pas abordées, comme si le choix de classes de poids devait être laissé à la seule intuition de l'utilisateur.

Peut-être n'est-il pas inutile d'examiner les conséquences de la variabilité du poids des cristallins à chaque âge d'un point de vue théorique aussi bien que pratique, afin d'en tirer une méthode rationnelle permettant la construction de classes de poids de cristallins utilisables pour des études démographiques.

Pour un âge donné, les poids de cristallins se répartissent selon une distribution que j'ai supposé, a priori, « normale ». Cette hypothèse a été vérifiée pour au moins deux âges chez toutes les espèces étudiées sauf *G. gerbillus* ; dans tous les cas, les distributions observées ne peuvent être considérées comme significativement différentes de distributions théoriques de Gauss, de mêmes moyennes et écarts-types ($p < 0,05$).

Une population idéale se traduirait donc sur les graphiques en coordonnées réelles par un nuage de points de densité variable, le maximum étant atteint au niveau de la courbe des poids moyens de cristallins (\bar{Y}).

68% des individus sont concentrés entre les courbes limites $(\bar{Y} + \sigma)$ et $(\bar{Y} - \sigma)$, et 95,5% entre les courbes-limites $(\bar{Y} + 2\sigma)$ et $(\bar{Y} - 2\sigma)$, dont les équations ont été calculées pour toutes les espèces. Pour simplifier, en tenant compte de ces deux dernières remarques, seule la partie de la population totale contenue entre les courbes $(\bar{Y} \pm 2\sigma)$ a été retenue et les individus sont supposés répartis selon une densité égale à 1 entre $(+2\sigma \text{ et } +\sigma)$ et entre $(-\sigma \text{ et } -2\sigma)$, tandis que la densité a pour valeur 2,5 entre $(+\sigma \text{ et } -\sigma)$.

Comment les individus d'une population idéale se répartissent-ils entre les limites $(\bar{Y} \pm \sigma)$ et $(\bar{Y} \pm 2\sigma)$, si l'on considère, non plus les âges, mais les poids de cristallins ?

En tenant compte des proportions relatives des segments découpés sur des parallèles à l'axe des âges, en coordonnées réelles, par les 4 courbes-limites $\bar{Y} + 2\sigma$, $\bar{Y} + \sigma$, $\bar{Y} - \sigma$, et $\bar{Y} - 2\sigma$, et des densités relatives de distribution des points, la répartition des âges selon les poids de cristallins, qui apparaît alors, évolue avec les poids ; cette opération a été réalisée pour des poids de cristallins considérés comme faibles (10 mg), moyens (20 mg) et élevés (30 mg) chez *Arvicanthis niloticus* et *Mastomys huberti*, les résultats sont consignés au tableau I.

La distribution n'est plus de type « normal » ; elle devient de plus en plus asymétrique lorsque les poids de cristallins augmentent. Les proportions d'individus situés entre $\bar{Y} + 2\sigma$ et $\bar{Y} + \sigma$, et entre $\bar{Y} + \sigma$ et $\bar{Y} - \sigma$, diminuent graduellement, tandis que la proportion située entre $\bar{Y} - \sigma$ et $\bar{Y} - 2\sigma$ augmente d'autant. Cependant, en se limitant à la portion utile des courbes — pour *Arvicanthis* et *Mastomys* de 5 à 31 mg environ — la variation des proportions dépasse à peine 2% dans la zone $\bar{Y} \pm \sigma$. Au total, chez *Arvicanthis*, la proportion des individus comprise dans le secteur $\bar{Y} \pm 2\sigma$ ne passe que de 96% du total pour 10 mg à 94% pour 30 mg.

Je considère, l'approximation me semblant suffisante, que dans la gamme utile des poids de cristallins de mes courbes, 95% en moyenne, des individus ont des âges compris entre les limites déterminées par les courbes $\bar{Y} + 2\sigma$ et $\bar{Y} - 2\sigma$; de plus, environ 2/3 des individus ont un âge compris entre les limites déterminées par les courbes $(\bar{Y} + \sigma)$ et $(\bar{Y} - \sigma)$. Proportionnellement, les individus d'âge supérieur à l'âge fourni par la courbe de poids moyens (\bar{Y}) sont plus nombreux que ceux d'âge inférieur, la tendance s'accroissant lorsque les poids de cristallins augmentent.

Ceci signifie que l'âge moyen pour chaque poids de cristallins est supérieur à l'âge fourni par la courbe des poids moyens (\bar{Y}), et par conséquent que cette dernière courbe n'est pas réellement représentative des âges moyens.

Une estimation de l'âge moyen a été calculée pour les individus ayant 10, 20 et 30 mg de poids des cristallins chez *Arvicanthis* et *Mastomys* ; les résultats, ainsi que l'amplitude de la divergence par rapport aux valeurs correspondantes données par (\bar{Y}) sont consignés au tableau I.

TABLEAU I. — Distribution des âges dans des lots d'individus de poids de cristallins donnés chez *Arvicanthis niloticus* et *Mastomys huberti*.

- âge (\bar{Y}) : âge fourni par la courbe des poids moyens (\bar{Y}).
- âge (\bar{A}) : estimation de l'âge moyen pour un poids de cristallins donné.
- d : divergence entre les deux valeurs précédentes.

Poids des cristallins en mg	Age (\bar{Y}) (\bar{A}) (mois.)		d	Répartition (%) des âges des individus de même poids de cristallins entre ($Y + 2\sigma$)			
				(+2 σ , + σ)	(+ σ , - σ)	(- σ , -2 σ)	(+2 σ , -2 σ)
<i>Arvicanthis</i>							
10,0	1,22	1,24 (+ 1,6%)		11,1	71,4	15,5	100
20,0	3,58	3,68 (+ 2,8%)		10,7	70,2	19,1	100
30,0	10,50	10,98 (+ 4,6%)		9,8	69,8	20,4	100
<i>Mastomys</i>							
10,0	1,21	1,23 (+ 1,6%)		10,4	69,3	20,6	100
20,0	3,37	3,55 (+ 5,3%)		8,9	68,8	22,3	100
30,0	9,42	10,37 (+10,1%)		7,9	67,5	24,6	100

Sur ces 3 valeurs, il est possible d'ajuster une courbe pour chacune des deux espèces ; les équations obtenues sont :

pour *Arvicanthis niloticus*,

$$P = 21,12 \text{ Log}_{10} \bar{A} + 8,04 \text{ avec } r^2 = 1,00$$

et pour *Mastomys huberti*,

$$P = 21,60 \text{ Log}_{10} \bar{A} + 8,08 \text{ avec } r^2 = 1,00.$$

Les divergences avec les courbes (\bar{Y}) correspondantes sont faibles, mais ont une valeur élevée lorsque la variabilité potentielle du poids des cristallins pour un âge est plus forte ; ainsi en est-il des stades âgés par rapport aux stades jeunes, et des courbes « *Mastomys* » par rapport aux courbes « *Arvicanthis* ».

Cependant, comme la divergence maximum enregistrée ne dépasse pas + 10% (stades âgés chez *Mastomys*), il ne semble pas utile de rechercher une estimation précise de la courbe des âges moyens, la courbe des poids moyens étant une approximation suffisante pour un usage pratique : en effet, comme on le verra plus loin, il est très difficile, en raison de la grande variabilité des poids des cristallins, de préciser l'âge des sujets âgés, une erreur sur l'âge moyen inférieure à 10% n'a donc que peu d'importance. Dans la suite de cet exposé, la courbe d'évolution des poids moyens des cristallins (\bar{Y}) sera considérée comme une approximation utilisable de la courbe d'évolution des âges moyens.

L'âge moyen d'un groupe d'animaux de poids de cristallins variés est la moyenne arithmétique des âges réels de chaque individu, mais comme ces âges réels ne sont

pas connus, une estimation suffisante sera obtenue en opérant à l'aide de la moyenne arithmétique des âges moyens de chaque valeur de poids de cristallins, ce qui est statistiquement équivalent. Une classe de poids de cristallins sera donc caractérisée avant tout par son âge moyen, déduit de la demie somme des âges moyens des poids inférieurs et supérieurs de la classe.

Comment être plus précis et affiner la signification d'une classe de poids de cristallins ?

En pratique les échantillons de travail sont de tailles réduites, et les catégories analysées ont de faibles effectifs, ce n'est donc pas de répartition réelle qu'il faut parler, mais de probabilités. Ainsi, pour tel poids de cristallins, chaque individu a une probabilité de 95% d'avoir un âge compris entre les valeurs fournies par les courbes $\bar{Y} + 2\sigma$ et $\bar{Y} - 2\sigma$, et 2 chances sur 3 d'avoir un âge compris entre les valeurs fournies par les courbes $\bar{Y} + \sigma$ et $\bar{Y} - \sigma$. De cette manière, il est possible de dépasser la notion, trop restreinte, d'âge moyen pour un poids de cristallins donné, en lui adjoignant des limites de probabilité d'âges.

Sur la figure 7 est figurée une classe fictive de poids de cristallins, allant de P_i à P_s .

— Les courbes $\bar{Y} + 2\sigma$ et $\bar{Y} - 2\sigma$ donnent les limites A_i et A_s avec une probabilité de 95% de la répartition potentielle des âges selon les poids ; mais l'écart ($A_s - A_i$) est toujours important et le chevauchement avec les classes de poids inférieures et supérieures est considérable.

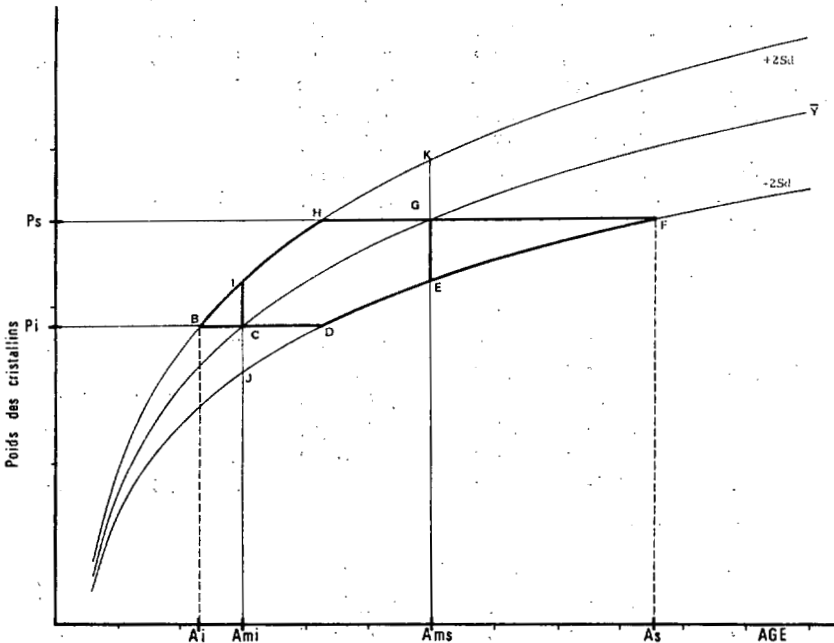


Fig. 7. — Répartition théorique des individus d'une population idéale par rapport à la courbe d'évolution moyenne \bar{Y} du poids des cristallins en fonction de l'âge ; implications pour le choix rationnel d'une classe de poids de cristallins.

Pour diminuer ce handicap, j'ai retenu comme limites inférieures et supérieures, non plus les limites à 95% ; mais les limites déterminées par les intersections de la courbe moyenne \bar{Y} avec les limites de la classe de poids de cristallins, soient Ami et Ams. De cette manière le chevauchement disparaît, mais en contre-partie la probabilité d'avoir un âge réellement compris entre Ami et Ams diminue en proportion de l'importance relative des triangles (BCI) et (FGE) dans le quadrilatère (BDFH), qui dépend elle-même de l'intervalle de classe (Ps-Pi).

Le choix d'une classe de poids de cristallins sera donc un compromis entre les nécessités imposées par les techniques d'analyse et un intervalle de classe tel que la probabilité pour les individus d'avoir un âge compris entre les limites imposées par la courbe moyenne sera maximum, ou, du moins, ne sera jamais inférieure à un seuil arbitrairement fixé. Le tableau II présente les modalités de ce choix pour

TABLEAU II. — Modalités du choix des classes de poids de cristallins tenant compte de la variabilité potentielle du poids des cristallins à chaque âge (seuil de probabilité : 66%).

	Amplitudes et limites d'âges souhaitées (p ≥ 66%)	Limites et point médian des classes de poids de cristallins en mg	âge moyen des classes	Probabilités d'estimation correcte a		Valeur des classes
				a%	b%	
ARVICANTHIS NILOTICUS						
1	1-2	8,1-14,6	11,4	1,42(1,5)	85 15	(+)
1	2-3	14,6-18,4	16,5	2,46(2,5)	78 22	(+)
1	3-4	18,4-21,0	19,7	3,47(3,5)	68 32	(±)
1	4-5	21,0-23,1	22,1	3,49(3,5)	54 46	(-)
2	3-5	18,4-23,1	20,8	3,91(4,0)	78 22	(+)
2	5-7	23,1-26,2	24,7	5,94(6,0)	67 33	(±)
2	7-9	26,2-28,6	27,4	7,94(8,0)	52 48	(-)
3	5-8	23,1-27,5	25,3	6,34(6,5)	73 27	(+)
3	8-11	27,5-30,4	29,0	9,44(9,5)	59 41	(-)
4	8-12	27,5-31,2	29,4	9,85(10)	68 32	(±)
MASTOMYS HUBERTI						
1	1-2	8,2-14,9	11,6	1,42(1,5)	85 15	(+)
1	2-3	14,9-18,9	16,9	2,45(2,5)	70 30	(+)
1	3-4	18,9-21,7	20,3	3,48(3,5)	54 46	(-)
2	3-5	18,9-23,9	21,4	3,89(4,0)	71 29	(+)
2	5-7	23,9-27,1	25,5	5,93(6,0)	50 50	(-)
3	5-8	23,9-28,4	26,2	6,34(6,5)	61 39	(-)
4	5-9	23,9-29,6	26,8	6,75(7,0)	67 33	(±)
TATERILLUS PYGARGUS						
1	1-2	19,0-35,3	27,1	1,41(1,5)	83 17	(+)
1	2-3	35,3-44,8	40,0	2,45(2,5)	70 30	(+)
1	3-4	44,8-51,6	48,2	3,46(3,5)	57 43	(-)
2	3-5	44,8-56,8	50,8	3,87(4,0)	72 28	(+)
2	5-7	56,8-64,7	60,8	5,92(6,0)	52 48	(-)
3	5-8	56,8-67,9	62,3	6,32(6,5)	65 35	(-)
4	5-9	56,8-70,6	63,7	6,71(7,0)	69 31	(±)

Arvicanthis niloticus, *Mastomys huberti* et *Taterillus pygargus*. Seuls les individus placés entre les deux courbes-limites $\bar{Y} + 2\sigma$ et $\bar{Y} - 2\sigma$, c'est-à-dire 95% de la population réelle, ramenés à 100, ont été pris en considération.

Je me suis fixé comme condition minimale que la probabilité pour un individu d'une classe de poids de cristallins, d'avoir un âge compris entre les limites Ams et Ami ne devait pas descendre en dessous de 66% ; pour 70% et plus, les conditions sont bonnes (+) et la classe choisie utilisable ; entre 66 et 70% les conditions sont médiocres (\pm) ; au dessous de cette valeur, les conditions sont mauvaises (-) et dans ce cas, il est préférable d'abandonner la classe choisie au profit d'une classe d'intervalle plus grand, permettant de respecter la norme. Les probabilités sont calculées par estimations graphiques tenant compte des surfaces à densités croissantes englobées par les différentes limites en coordonnées réelles. L'amplitude (mois entiers) et les limites d'âges souhaitées déterminent les limites de la classe de poids de cristallins correspondante ; ensuite, une estimation graphique donne la probabilité d'estimation correcte ou incorrecte des âges.

Pour *Arvicanthis niloticus*, dont la variabilité est assez faible il est possible d'accepter un grand nombre de classes dont les amplitudes croissent cependant avec l'âge.

Pour *Mastomys huberti*, du fait de la grande variabilité du poids des cristallins pour chaque âge, les classes possibles sont en nombre plus restreint ; l'âge ne peut plus être évalué avec une précision suffisante au-delà de 9 mois.

Les résultats sont identiques pour *Taterillus pygargus*, mais l'importante variabilité affichée peut être la conséquence de l'imprécision qui plane sur les dates de naissances, puisque celles-ci sont réparties sur l'intervalle d'un mois ; une séparation des effets de la variabilité potentielle des poids de cristallins à chaque âge et des conséquences de l'imprécision des données de base permettrait sans doute d'utiliser la courbe de manière plus fine.

On voit ainsi combien la seule courbe de croissance moyenne est insuffisante pour établir un choix rationnel des classes.

Il ne faut pas oublier, comme le fait remarquer Spitz (1972), que tous les individus d'un intervalle d'âges donné ne se retrouvent pas dans la classe de poids de cristallins choisie. La signification par rapport à l'âge de l'effectif des classes de poids se trouve donc d'une part, sur-estimée par la présence potentielle d'individus trop jeunes ou trop vieux (triangles BCI et FGE), et en même temps, sous-estimée par l'absence potentielle d'individus de l'âge requis, mais dont les poids de cristallins se trouvent trop faibles ou trop forts (triangles DCJ et HGK) ; la présence des uns est supposée compenser l'absence des autres, mais ceci peut être faux et générateur d'erreurs si une classe est vide ou pleine pour des raisons biologiques telles que arrêt ou apparition brutale de la reproduction, par exemple. Il conviendra donc d'être vigilant dans l'interprétation des analyses basées sur les structures en âges à partir des classes de poids de cristallins.

2) COMMENTAIRES SUR LES COURBES OBTENUES

a) Dans chaque cas, sauf pour *G. gerbillus*, j'ai calculé des courbes moyennes pour les mâles et les femelles séparément. Les écarts sont toujours très faibles et si l'on tient compte de la variabilité en poids des cristallins à chaque âge, il n'apparaît pas utile d'effectuer en pratique la séparation des mâles et des femelles, car le gain de précision serait très faible.

b) *Arvicanthis niloticus*.

L'utilisation des poids de cristallins comme critères d'âge semble particulièrement intéressante en raison de la faible variabilité des poids à chaque âge ; il est possible de faire de nombreuses classes de poids de cristallins et d'obtenir des estimations d'âge assez précises (voir tableau II).

c) *Mastomys huberti*.

Au contraire de la précédente, la courbe de *Mastomys huberti* est peu précise. Il est néanmoins possible de faire 6 classes de poids de cristallins, ce qui est nettement supérieur à ce qui peut être fourni par d'autres méthodes telles que l'étude de la croissance corporelle ou l'étude des stades d'usures dentaires.

d) *Mastomys erythroleucus*.

La souche utilisée provient d'une population temporaire vivant à la limite nord de l'aire de répartition des *M. erythroleucus* au Sénégal. La souche « Ferlo » apparaît différente de la souche « Bandia » dont l'équation de référence est, d'après Hubert et Adam (1975) : $\bar{Y} = 24,39 \log_{10}X + 8,27$, alors que j'ai obtenu :

$$\bar{Y} = 20,61 \log_{10}X + 9,27$$

Dans ce dernier cas, les cristallins sont plus lourds en moyenne vers l'âge de 1 mois, mais leur croissance est ensuite plus faible. Peut-être doit-on rapprocher cette importante différence entre deux souches de la même espèce, de l'observation de Le Louarn (1971) qui attribue une différence similaire entre deux souches de *Microtus arvalis*, de plaine et de montagne, à des facteurs génétiques ; il est probable, qu'entre la souche « Ferlo » dont le caractère particulier a été souligné, et la souche « Bandia », il existe d'importantes différences génétiques qui peuvent influencer les courbes de cristallins.

e) *Taterillus pygargus*.

Tandis que Connoly *et al.* (1969) ne voyaient pas de différences entre les résultats obtenus d'animaux d'élevage et ceux issus d'animaux prélevés dans la nature chez *Lepus californicus*, Myers *et al.* (1977) ont mis en évidence une certaine divergence entre une courbe obtenue de *Rattus villosissimus* d'élevage et quelques données fragmentaires recueillies dans la nature. Ces auteurs pensent que l'évolution du poids des cristallins dans la nature et en élevage peut être différente. Le sujet est donc assez controversé. Dans le cas de *Taterillus pygargus*, la courbe obtenue à partir d'individus libres est $\bar{Y} = 54,17 \log_{10}X + 18,95$ tandis que la courbe obtenue par Hubert et Adam (1975) en élevage est $\bar{Y} = 53,76 \log_{10}X + 19,33$; la différence est si minime qu'on peut considérer qu'il y a concordance entre les données d'élevage et les données de terrain. De plus, comme les deux courbes portent sur des représentants de deux populations vivant dans des contextes différents et des lieux éloignés, il est tentant d'admettre que la courbe de cristallins est la même quelle que soit l'origine de la population de *T. pygargus* étudiée (dans les limites du Sénégal, tout au moins).

f) *Gerbillus gerbillus*.

Cette courbe, basée sur des données restreintes en nombre et incertaines en qualité, est la plus mauvaise en précision parmi les 5 présentées. Cependant, elle apparaît suffisante, à condition de ne pas exiger une estimation de l'âge au-delà de 9 mois et en limitant le nombre de classes de poids utilisable ; le mieux est de reprendre les mêmes classes que chez *T. pygargus*, car il est peu vraisemblable que la variabilité chez *G. gerbillus* soit supérieure à celle déterminée chez *Taterillus*.

CONCLUSION

Le poids des cristallins des micro-mammifères peut être utilisé comme critère d'âge précis aux conditions suivantes :

1. La technique de prélèvement, de fixation et de pesée doit être bien définie et invariable ; les courbes obtenues ne sont valables que par rapport à celle-ci.
2. La courbe de croissance moyenne des poids de cristallins en fonction de l'âge doit être complétée par des informations concernant la variabilité potentielle des poids de cristallins pour chaque âge, afin de permettre un choix rationnel des classes de poids de cristallins.
3. Une courbe de référence est caractéristique d'une population particulière de l'espèce et ne peut être étendue à l'ensemble de l'espèce qu'avec précaution.
4. Les courbes obtenues à partir d'animaux d'élevage devront être confrontées, chaque fois que cela sera possible, avec des informations obtenues d'animaux capturés dans la nature.

SUMMARY

Growth curves of the dry eye lens in terms of age are given for animals born in captivity of three murid species from West Africa ; the eye lens weight-age relationships are expressed by the following equations :

1. *Arvicanthis niloticus*, Senegal Delta population,

$$\bar{Y} = 21,41 \log_{10} X + 8,13$$

2. *Mastomys huberti*, Senegal Delta population,

$$\bar{Y} = 22,41 \log_{10} X + 8,17$$

3. *Mastomys erythroleucus*, Ferlo population,

$$\bar{Y} = 20,61 \log_{10} X + 9,27$$

\bar{Y} is the average lens weight in mg and X, the age in months. In the last species, the lens weight-age relationship in the Ferlo population appears significantly different from that reported for the Bandia population.

A growth curve is obtained of individuals from a wild population of *Taterillus pygargus* living in the Senegal Delta ; the lens weight-age relationship in the Senegal Delta population, $\bar{Y} = 54,17 \log_{10} X + 18,95$, appears not significantly different from that reported for the Bandia population, which was obtained from animals born in the laboratory.

An approximate growth-curve is also drawn from a few individuals from a wild population of *Gerbillus gerbillus* from Mauritania ; the lens weight-age relationship is expressed by $\bar{Y} = 21,42 \log_{10} X + 20,15$.

Variability of weight-lens for each age is discussed, and a rational method for choosing weight lens classes for demographic studies is proposed.

*Laboratoire de Zoologie Appliquée, Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar,
République du Sénégal.*

BIBLIOGRAPHIE

- BOTHMA, J. du P., J. G. TEER et C. E. GATES, 1972. — Growth and age determination of the cottontail in south Texas. *J. Wildl. Manage.*, 36 (4) : 1209-1221.
- CONNOLY, G. E., M. L. DUDZINSKI et W. M. LONGHURST, 1969. — The eye lens as an indicator of age in the black tailed Jack rabbit. *J. Wildl. Manage.*, 33 (1) : 159-164.
- DUDZINSKI, M. L. et R. MYKYTOWYCZ, 1961. — The eye lens as an indicator of age in the wild rabbit in Australia. *C.S.I.R.O. Wildl. Res.*, 6 : 156-159.
- HUBERT, B., et F. ADAM, 1975. — Reproduction et croissance en élevage de 4 espèces de rongeurs sénégalais. *Mammalia*, 39 (1) : 57-73.
- HUBERT, B., et J. C. BARON, 1973. — Determination of *Taterillus (Rodentia, Gerbillidae)* from Senegal by serum electrophoresis. *Anim. Blood Grps. biochem. Genet.*, 4 : 51-54.
- KLEIN, J. M., A. R. POULET et E. SIMONKOVITCH, 1975. — Observations écologiques dans une zone enzootique de peste en Mauritanie. I. Les rongeurs, et en particulier *Gerbillus gerbillus* Olivier, 1801 (*Rodentia, Gerbillinae*). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et parasitol.*, XIII (1) : 13-28.
- LE LOUARN, H., 1971. — Détermination de l'âge par la pesée des cristallins chez quelques espèces de rongeurs. *Mammalia*, 35 (4) : 636-643.
- LORD, R. D., 1959. — The lens as an indicator of age in cottontail rabbits (*Sylvilagus floridanus*). *J. Wildl. Manage.*, 23 : 358-360.
- MARTINET, L., 1966. — Détermination de l'âge chez le campagnol des champs (*Microtus arvalis* Pallas) par la pesée du cristallin. *Mammalia*, 30 (3) : 425-430.
- MORRIS, P., 1972. — A review of mammalian age determination methods. *Mammal Review*, 2 (3) : 69-104.
- MYERS, K., J. CARSTAIRS et N. GILBERT, 1977. — Determination of age of indigenous rats in Australia. *J. Wildl. Manage.*, 41 (2) : 322-326.
- MYERS, K., et N. GILBERT, 1968. — Determination of age of wild rabbits in Australia. *J. Wildl. Manage.*, 32 : 841-849.
- PETTER, F., 1977. — Les rats à mamelles multiples d'Afrique occidentale et centrale *Mastomys erythroleucus* (Temminck, 1853) et *Mastomys huberti* (Wroughton, 1908). *Mammalia*, 41 (4) : 441-444.
- POULET, R., 1972. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : les mammifères. *La Terre et La Vie*, 26 (3) : 440-472.
- PUCEK, Z., et V. P. W. LOWE, 1975. — Age criteria in small Mammals. In : *Small Mammals : their productivity and population dynamics*, ch. 3 : 55-72. F. B. GOLLEY, K. PETRUSEWICZ et L. RYSZKOWSKI ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- SPITZ, F., 1972. — Démographie du campagnol des champs *Microtus arvalis* en Vendée. *Ann. Zool. - Ecol. Anim.*, 1974, 6 (2) : 259-312.

EXTRAIT DE

MAMMALIA

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



55, rue de Buffon
75005 PARIS

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 108 ex 1

Cote : B

Date : 13 MARS 1981