

# DE QUELQUES ANOMALIES DIGITALES CHEZ LE CRAPAUD ORDINAIRE (*BUFO BUFO*)

PAR

JEAN ROSTAND

EN fait de mutations bien caractérisées, l'on ne connaît guère jusqu'ici, dans le groupe des Batraciens, que la mutation « albinisme », qui a été signalée non-seulement chez la Salamandre mexicaine (*Amblystoma tigrinum*), dont la race dépourvue de pigment est élevée couramment dans les laboratoires, mais aussi chez d'autres Urodèles (*Salamandra salamandra*) et chez divers Anoures (*Bombinator variegata*, *Discoglossus pictus*, *Alytes obstetricans*, *Bufo viridis*, *Rana pipiens*, *Rana esculenta*, *Rana temporaria*), où l'albinisme a été rencontré sporadiquement, soit chez les adultes, soit chez les larves <sup>(1)</sup>.

Cette pénurie de mutations <sup>(2)</sup> constitue une grosse lacune dans la biologie des Batraciens, d'autre part si fouillée. On conçoit, en effet, tout l'intérêt que pourrait avoir l'investigation génétique — notamment en ce qui concerne la Génétique physiologique — chez ces animaux qui, par leur mode de développement, se prêtent si bien à toutes sortes d'interventions expérimentales.

Or j'ai observé, l'année dernière, chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), un certain nombre d'anomalies qui me paraissent être de nature génétique. Elles ont apparu dans des élevages obtenus par voie de gynogenèse.

Pour réaliser cette gynogenèse, j'ai employé la méthode suivante : les ovules de *Bufo*, prélevés dans l'abdomen d'une femelle en pleine ponte, avec les précautions voulues pour écarter toute intervention des spermatozoïdes de *Bufo*,

sont fécondés par du sperme de Grenouille rousse (*Rana temporaria*), celui-ci ayant été préalablement soumis, en lame mince, à l'irradiation ultraviolette.

On sait que cette irradiation, réalisée dans des conditions satisfaisantes, permet, en annihilant les propriétés héréditaires du spermatozoïde, d'obtenir des produits gynogénétiques, c'est-à-dire des produits d'origine purement maternelle et dont tous les noyaux dérivent du seul noyau ovulaire <sup>(1)</sup>.

D'après A. DALCQ, il y aurait là un moyen très-efficace pour faire naître des larves gynogénétiques : « le génome paternel est éliminé avec le minimum de viciation du nucléoplasme et de retentissement sur le génome maternel ».

La combinaison *Bufo bufo* × *Rana temporaria*, qui implique une hybridation vraie et très-hétérogène, est toujours abortive dans les conditions ordinaires, le développement de tous les œufs hybrides, sans exception, s'arrêtant avant le stade critique de la gastrulation ; on n'obtient jamais de larves <sup>(2)</sup>. Mais, si l'on traite le sperme de *Rana temporaria* au moyen des rayons ultraviolets, on transforme cette vraie hybridation en hybridation



Fig. 1. — PATTE POSTÉRIEURE NORMALE DE *Bufo bufo* (CINQ ORTEILS). (Gr. × 20.)  
(Photographie LE CHARLES.)

<sup>(1)</sup> Voir S. SIMON : Effets de l'irradiation d'un des gamètes sur la gastrulation chez *Rana fusca* (*Comptes Rendus de la Soc. de Biol.*, CIV, 1930, p. 1052); A. DALCQ : Interprétation cytologique des effets sur la gastrulation de l'irradiation d'un des gamètes chez *R. fusca* (*Ibid.*, p. 1055).

<sup>(2)</sup> « Cette combinaison est certainement l'une des plus classiques. BATAILLON l'a visée en 1911, GÜNTHER HERTWIG en 1913 dans des expériences d'irradiation du sperme et dans son étude générale de 1918. La fécondation est très-uniforme et réussit sans aucun artifice. On sait depuis longtemps que le clivage est normal, mais qu'il aboutit toujours à des stéréoblastulas... Dans d'innombrables opérations, BATAILLON n'a jamais observé trace de gastrulation, et tous ses efforts pour franchir le stade blastulaire sont restés vains » [TCHOU-SU : Étude cytologique sur l'hybridation chez les Anoures (*Arch. d'Anat. Microscopique*, t. XXVII, 1931, fasc. 1, p. 49)].

<sup>(1)</sup> Voir J. ROSTAND : L'Albinisme chez les Batraciens anoures (*La revue scientifique*, 84, 1946, pp. 564-565).

<sup>(2)</sup> Nous ne tiendrons pas compte ici des sous-espèces ou races géographiques dont l'origine est encore incertaine.



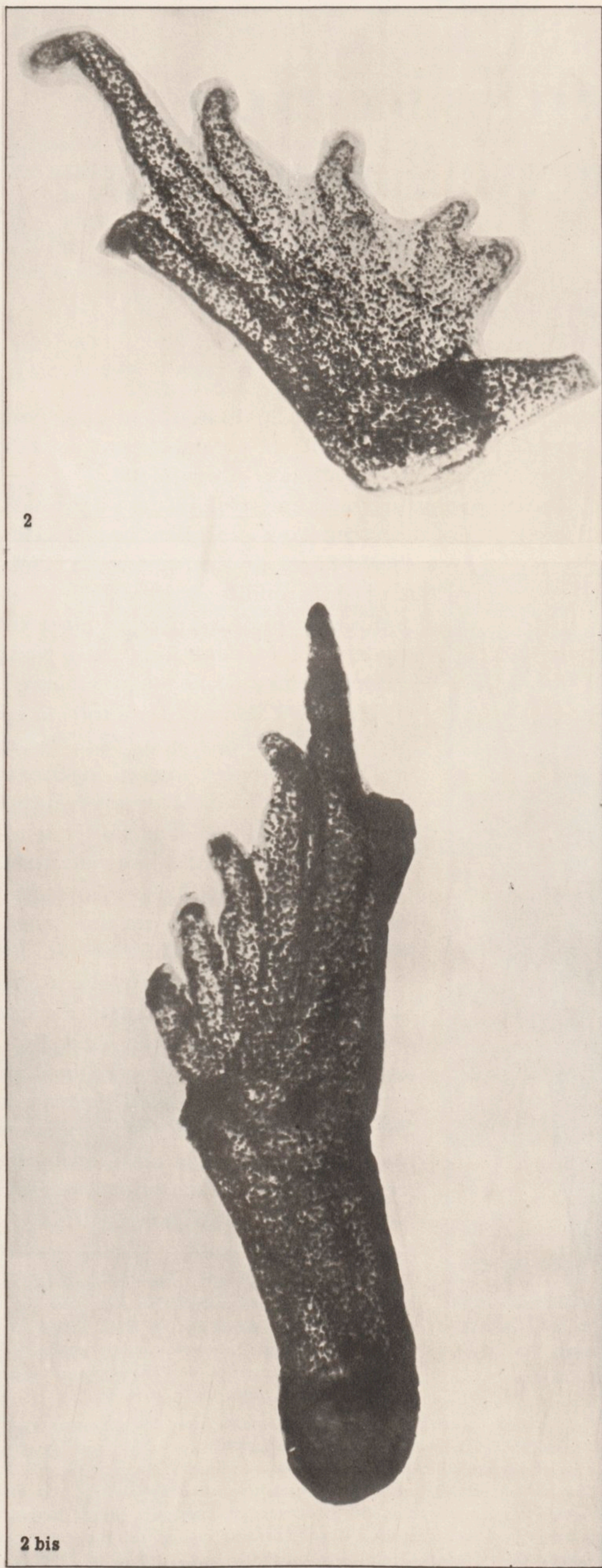


Fig. 2 et 2 bis. — PATTE POSTÉRIEURE DE *Bufo bufo*, A SIX ORTEILS. (Gr.  $\times 20$ .)  
(Photographie LE CHARLES.)

fausse, d'où la possibilité d'obtenir des larves gynogénétiques, de pur type Crapaud. C'est en définitive la répétition, avec les rayons ultraviolets, de l'expérience classique de GÜNTHER HERTWIG, qui, de la même combinaison, tirait des larves gynogénétiques en traitant le sperme par le radium ou par la trypaflavine.

En général, les larves nées de gynogénèse sont haploïdes (nombre réduit de chromosomes) et présentent, par suite, les graves tares qui sont liées à cet état de déficience chromosomique (nanisme, œdème, inaptitude à l'alimentation, mort précoce). Mais si, quelques minutes après avoir déposé le sperme de *Rana temporaria* sur les ovules de *Bufo bufo*, l'on porte ceux-ci dans de l'eau à  $+ 1^{\circ} \text{C}$ , et qu'on les y laisse durant plusieurs heures, on obtient à peu près constamment un bon nombre de larves vigoureuses, tout à fait semblables à celles qui naissent de génération biparentale. Le refroidissement a pour effet de déterminer, dans une certaine proportion des œufs, un doublement des chromosomes maternels (sans doute par réabsorption du second globule polaire), et cette *autorégulation chromosomique* assure la robustesse et la viabilité de l'organisme <sup>(1)</sup>.

On obtient des résultats comparables en soumettant les œufs récemment fécondés à un bref chauffage <sup>(2)</sup>.

En procédant de cette manière — fécondation des ovules de *Bufo* par du sperme irradié de *Rana*, puis refroidissement ou chauffage de l'œuf —, j'ai pu mener jusqu'à l'état parfait *plus de deux cents larves gynogénétiques de Bufo*. Je me proposais tout d'abord d'étudier le sexe de ces petits Crapauds, en vue d'éclairer la question de la détermination du sexe chez *Bufo* (homogamétie ou hétérogamétie du sexe mâle); mais il me fut impossible de les conserver en vie plus de deux mois après l'achèvement de la métamorphose, ce qui est insuffisant pour établir un diagnostic certain du sexe. On sait de reste combien l'élevage des Batraciens est difficile; cet insuccès ne tient aucunement à la nature gynogénétique des Crapauds, des animaux témoins ayant péri dans les mêmes délais. En revanche, j'ai constaté, parmi ces Crapauds gynogénétiques, quelques anomalies qui faisaient défaut dans les lots témoins.

Ces anomalies sont de diverses sortes :

1° *Polydactylie* des pattes postérieures (six orteils au lieu de cinq). L'anomalie est symétrique et s'exprime à peu près de la même façon chez les différents sujets, au nombre de quatre. L'orteil surnuméraire est situé du côté interne du pied; il correspond donc au dédoublement du premier doigt. Les pattes antérieures sont normales;

<sup>(1)</sup> Voir J. ROSTAND (*C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 346; *Ibid.*, 115, 1934, p. 1680); G. FANKHAUSER (*The Q. R. of Biol.*, 20, 1945, p. 20).

<sup>(2)</sup> FANKHAUSER (G.) & WATSON (R. C.) : *Proceedings Acad. Sc. of Washington*, 28, 1942, p. 436.



2° *Ectrodactylie* des pattes postérieures (quatre ou même trois orteils, au lieu de cinq);

3° *Ectrodactylie* des pattes antérieures (trois ou deux doigts, au lieu de quatre);

4° *Syndactylie* des pattes antérieures (doigts soudés deux à deux);

5° Réduction des mains antérieures à l'état de moignon;

6° Absence des yeux;

7° Déficiences de l'appareil dentaire.

Ces deux dernières sortes d'anomalies ont été observées chez des têtards qui ne se sont pas métamorphosés et sont morts après une centaine de jours de vie larvaire; leur longueur était de deux centimètres.

En laissant de côté les anomalies oculaires et dentaires (deux têtards sans yeux, quatre têtards à déficience dentaire), j'ai dénombré, sur 153 Crapauds ayant achevé leur métamorphose (sortie complète des pattes antérieures) :

4 *polydactyles* et 21 *ectrodactyles*, dont 16 à *ectrodactylie* postérieure, 4 à *ectrodactylie* postérieure et antérieure, et 1 à *ectrodactylie* antérieure.

Des 16 animaux à *ectrodactylie* postérieure, 14 avaient

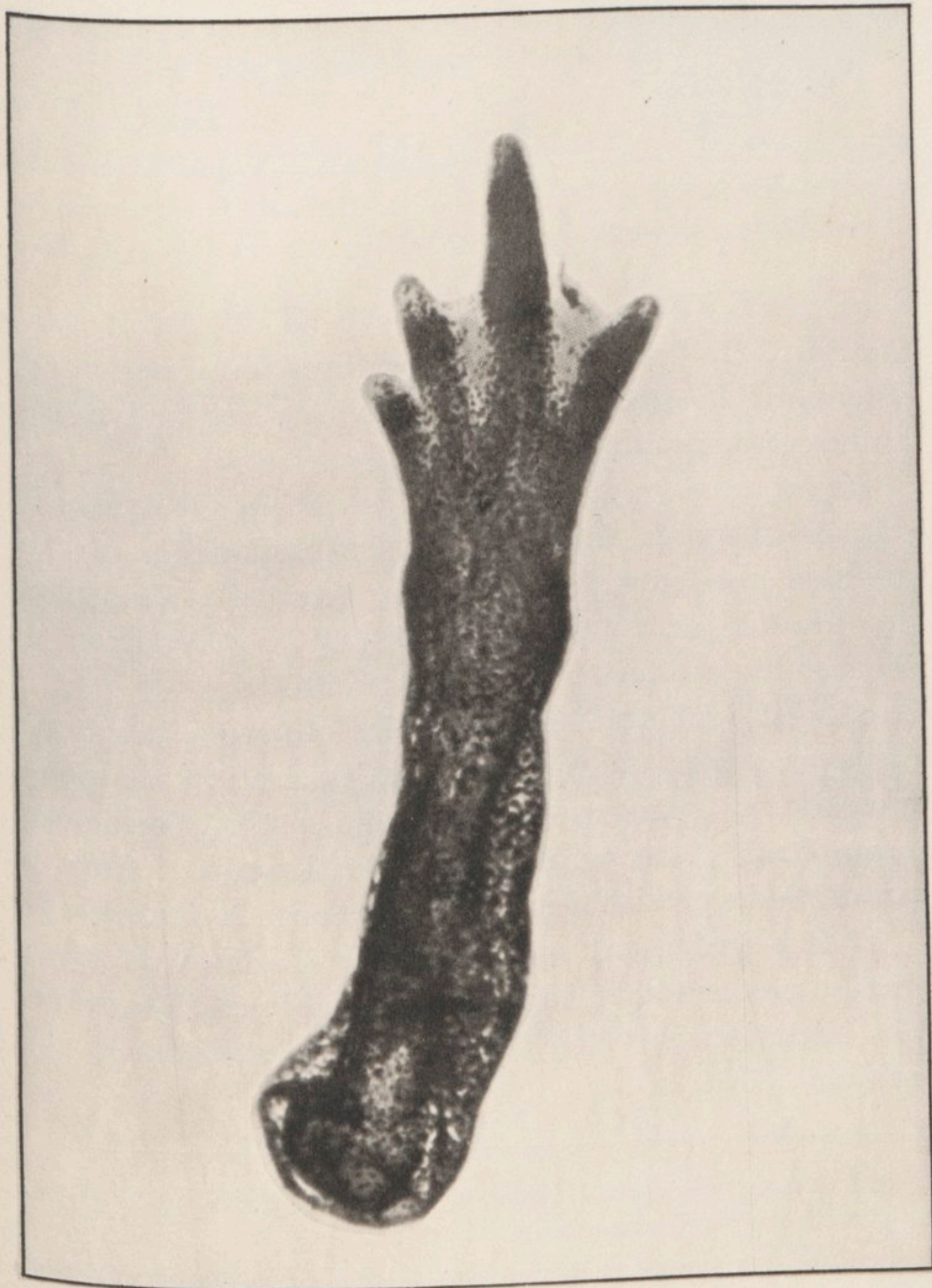


Fig. 3. — PATTE POSTÉRIEURE DE *Bufo bufo*, A QUATRE ORTEILS. (Gr.  $\times$  20.)  
(Photographie LE CHARLES.)

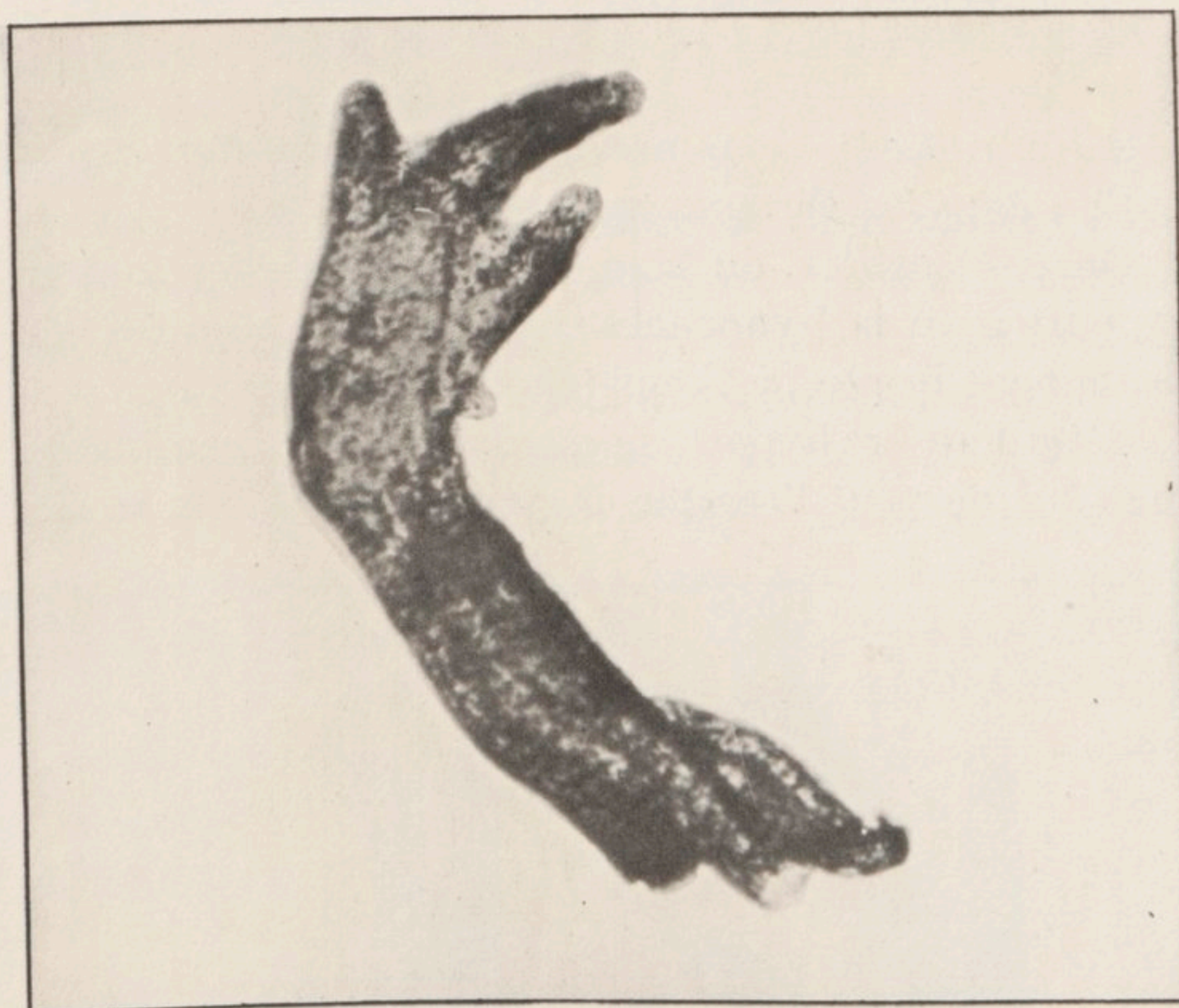


Fig. 4. — PATTE POSTÉRIEURE DE *Bufo bufo*, A TROIS ORTEILS. (Gr.  $\times$  20.)  
(Photographie LE CHARLES.)

quatre orteils aux deux pattes postérieures; 1 avait quatre orteils d'un côté et cinq de l'autre; 1 avait trois orteils d'un côté et quatre de l'autre.

Des 4 animaux à *ectrodactylie* postérieure et antérieure, 2 avaient quatre orteils aux deux pattes postérieures, et trois doigts aux deux pattes antérieures; 1 avait quatre orteils aux deux pattes postérieures, et deux doigts aux deux pattes antérieures; 1 avait trois orteils aux deux pattes postérieures, et les deux mains réduites à l'état de moignons.

L'individu à *ectrodactylie* purement antérieure avait trois doigts à l'une de ses pattes antérieures, et quatre à l'autre.

Sur 10 individus *syndactyles*, 4 étaient *ectrodactyles* (*ectrodactylie* postérieure), et 6 exempts d'*ectrodactylie*.

En tout, 31 Crapauds anormaux (4 *polydactyles*, 21 *ectrodactyles* dont certains *syndactyles*, 6 *syndactyles*).

Dès lors que, sur une centaine de petits Crapauds témoins (origine biparentale), je n'ai relevé aucune anomalie des pattes, soit antérieures ou postérieures, il apparaît incontestable que la gynogenèse favorise l'apparition des anomalies digitales chez le Crapaud.

Rappelons que TCHOU-SU avait déjà noté que, sur 3 petits Crapauds gynogénétiques obtenus par lui, « 2 n'avaient que quatre doigts au lieu de cinq aux membres postérieurs, trois au lieu de quatre aux pattes antérieures. Le fait nous a frappé parce qu'il est très fréquent dans les élevages de vrais hybrides d'Urodèles de BATAILLON » (1).

Les Crapauds gynogénétiques de TCHOU-SU avaient été obtenus par faux-hybridisme (croisement de *Bufo bufo* avec *Hyla arborea*).

(1) *Op. cit.*, p. 30.



\*  
\* \*

A quoi tient ce pourcentage remarquable d'anomalies dans les élevages gynogénétiques ?

On peut penser, ou bien que ces anomalies sont en rapport avec la gynogenèse, ou qu'elles résultent du traitement imposé à l'œuf (choc thermique).

Cette dernière hypothèse est assez peu vraisemblable, mais on ne peut l'écarter de prime abord, car je n'ai

femelle (1) : sur douze larves, sept se métamorphosèrent en crapauds, dont quatre normaux et trois polydactyles. Un quatrième polydactyle fut retrouvé parmi des individus conservés dans l'alcool, mais il est fort probable qu'il provenait, lui aussi, du même lot.

La proportion 3/7 (ou 4/8) fait évidemment penser qu'il s'agit d'une anomalie à hérédité mendélienne. Sans doute la femelle mère des polydactyles portait-elle un gène de polydactylie et un allèle normal : ces

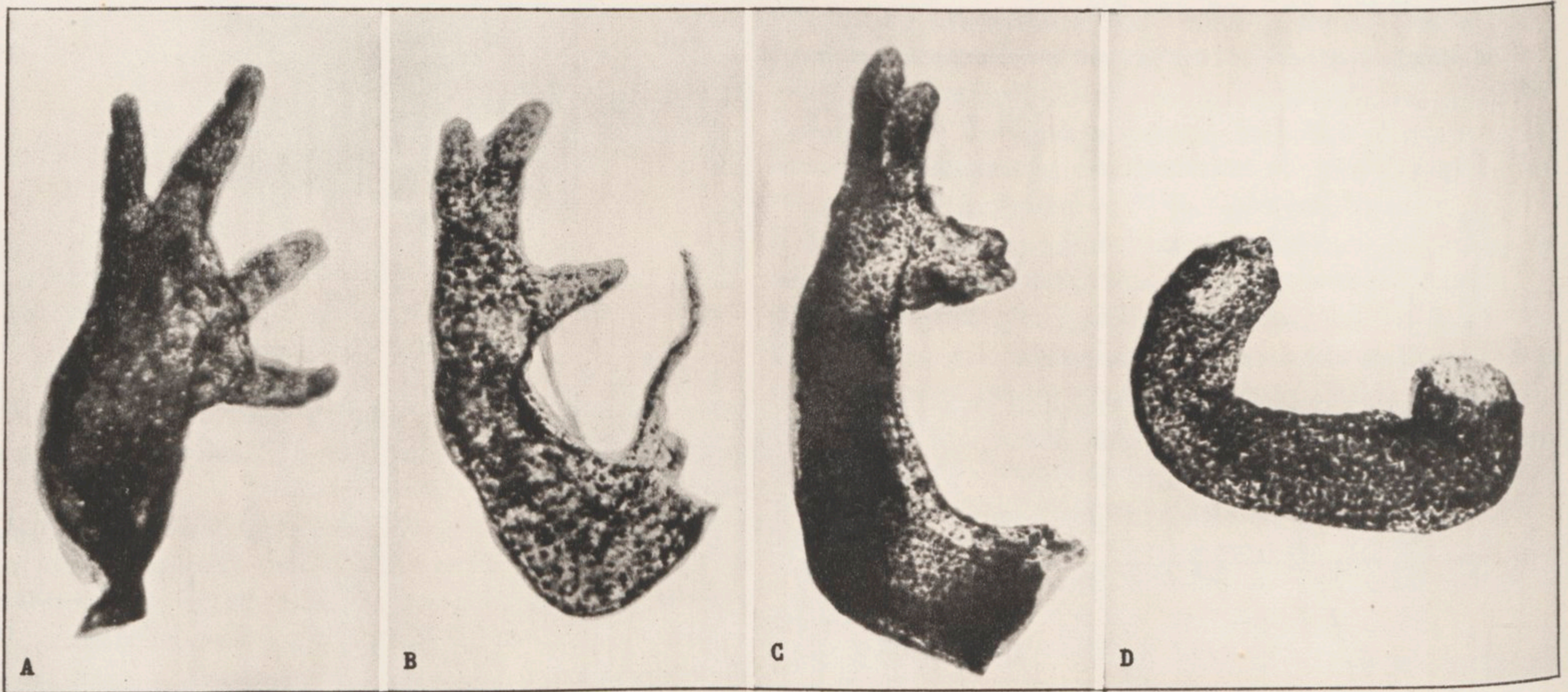


Fig 5. — PATTES ANTÉRIEURES DE *Bufo bufo* (Gr.  $\times 20$ ). (Photographie LE CHARLES.)

A, normale à quatre doigts ; B, à trois doigts ; C, syndactylie ; D, réduite à un moignon.

pas élevé systématiquement de têtards provenant d'œufs normalement fécondés et soumis au chauffage ou au refroidissement. Chez des larves issues d'œufs témoins refroidis, j'ai parfois observé certaines anomalies par excès (protubérances à structure complexe de la région céphalique), mais toujours il s'agissait d'une malformation irrégulière et isolée.

Si la gynogenèse est bien la cause des anomalies, il convient encore de se demander si celles-ci proviennent de la technique mise en jeu (introduction de sperme étranger et modifié par l'irradiation ultraviolette), ou simplement de la nature gynogénétique des individus, ceux-ci étant porteurs d'un double génome maternel.

Dans le premier cas, on pourrait envisager, soit une action génétique (mutation provoquée ?), soit une action purement somatique par l'intermédiaire du cytoplasme de l'œuf. Dans le second cas, on songerait volontiers à une extériorisation de gènes récessifs portés par la femelle.

C'est cette dernière hypothèse qui me paraît la plus vraisemblable, tout au moins en ce qui concerne la polydactylie.

En effet, des quatre sujets polydactyles, trois au moins appartenaient à un même lot, issu d'une seule

deux gènes s'étant disjoints lors de la réduction chromosomique, le redoublement chromosomique aurait déterminé la production d'individus respectivement homozygotes pour chacun de ces gènes (2).

Quant aux sujets ectrodactyles et syndactyles, ils ont été observés dans des cultures mélangées, provenant de plusieurs femelles ; car, avant d'avoir aperçu des anomalies, on ne prenait pas la précaution de séparer les produits de chaque ponte.

S'il est vrai que les anomalies apparues dans nos élevages soient dues à une extériorisation de gènes récessifs, la gynogenèse, pratiquée systématiquement, permettrait une exploration relativement aisée et prompt du patrimoine héréditaire chez les Batraciens.

Il sera également intéressant de combiner la gynogenèse avec certains traitements capables de déterminer des mutations artificielles (rayons X, substances chimiques, etc.).

(1) Les œufs, peu après fécondation, avaient été traités par la chaleur (+ 37° C) pendant dix minutes.

(2) Chez l'Homme et les Mammifères, le gène de polydactylie est généralement dominant ; mais, d'après CLAUSSEN (*Nord médical*, 24 mai 1946), il y aurait, dans l'espèce humaine, une polydactylie (avec malformations linguales) qui se transmettrait comme un caractère récessif.



Pour démontrer, chez le Crapaud, le caractère héréditaire des anomalies en question, il faudrait élever les sujets anormaux jusqu'à l'âge de la maturité sexuelle, ce qui soulève de grosses difficultés pratiques. De toute manière, il y a lieu de rechercher, dès maintenant, ces anomalies dans la population adulte, en vue d'opérer éventuellement des croisements entre individus anormaux et individus normaux.

Si, comme nous le pensons, ces anomalies sont de nature génétique, on doit les retrouver dans la nature, — à moins que les gènes qui les déterminent ne soient précocement éliminés par la sélection naturelle; on les retrouverait alors chez les tout jeunes Crapauds, dès leur sortie de l'eau (1).

J'ai examiné trois cents Crapauds adultes provenant des étangs de Ville d'Avray, et aussi quelques centaines de Grenouilles (*Rana temporaria* et *Rana esculenta*), sans constater la présence d'aucune anomalie digitale; mais cette enquête ne prendra sa signification que lorsqu'elle portera sur des nombres beaucoup plus élevés. J'espère être bientôt en mesure de lui donner toute l'ampleur souhaitable.

Sans doute divers auteurs ont-ils parlé de Grenouilles et de Tritons polydactyles, mais jusqu'ici l'on rapportait cette anomalie à un processus d'hyperrégénération; au contraire, dans le cas d'un ou plusieurs doigts manquants, on incriminait volontiers une amputation accidentelle.

Notons cependant qu'Isidore GEOFFROY-SAINT-HILAIRE a envisagé, voici plus d'un siècle, la possibilité d'une polydactylie héréditaire chez les Batraciens.

(1) Les trois sujets polydactyles ont vécu environ deux mois; ils étaient de même taille et paraissaient tout aussi vigoureux que les sujets témoins.

Dans le chapitre qu'il consacre au « sexdigitisme » dans son « Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux » (1), il écrit : « Des cas analogues à ceux que je viens d'examiner chez l'homme se présentent aussi assez souvent chez les animaux. Quelques auteurs parlent, assez vaguement il est vrai, de l'existence de six doigts aux pattes postérieures de la Grenouille (2); et un Triton créé (*Salamandra cristata*) m'a fourni, parmi les Batraciens, un exemple plus remarquable encore de cette anomalie. Ce Triton a la patte postérieure droite terminée par six doigts au lieu de quatre, et la gauche en a jusqu'à sept, tous demi-palmés, et conformés régulièrement (3). Chez ce même individu, quelques-unes des parties de l'hyoïde, qui sont résorbées au moment de la métamorphose, s'étaient conservées jusque dans l'état adulte. »

L'existence d'anomalies génétiques chez les Batraciens ne constituerait pas seulement un fait intéressant en soi; elle ouvrirait, me semble-t-il, de larges perspectives à l'analyse de la réalisation des caractères héréditaires, en donnant le moyen d'étendre cette analyse à un groupe où l'embryon se prête aux interventions expérimentales les plus variées. C'est peut-être sur les Batraciens que pourra s'opérer la jonction, tant souhaitée, entre la Génétique et l'Embryologie causale.

(1) Baillièrre, édit. : t. I, 1832, p. 688.

(2) VIREY : Sur deux individus sexdigitaires, dans le *Journal compl. des sciences médicales*, t. IV, p. 327.

(3) Je dois ce Triton à l'obligeance de M. MARTIN SAINT-ANGE. C'est, à une exception près, la seule anomalie que cet habile anatomiste ait rencontrée sur plusieurs centaines de Batraciens qu'il a disséqués, en se livrant aux belles recherches que l'Académie des sciences vient de récompenser par la médaille du Grand prix des sciences physiques.

## BIBLIOGRAPHIE

ROSTAND (J.) : Gynogenèse par sperme irradié et refroidissement des œufs chez *Bufo bufo* (*Comptes Rendus de la Soc. de Biol.*, CXLI, 1947, p. 563).

ROSTAND (J.) : Gynogenèse et Polydactylie chez le Crapaud ordinaire (*Comptes Rendus de la Soc. de Biol.*, CXLI, 1947, p. 629).

ROSTAND (J.) : Gynogenèse et anomalies digitales chez le Crapaud (*Bufo bufo*) (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 223, 1947, p. 417).