

Analyse du caryotype de *Pan paniscus*. Comparaison avec les autres *Pongidae* et l'Homme

B. Dutrillaux, M. O. Rethoré et J. Lejeune

Institut de Progenèse, Paris

Collaboration technique: Martine Lombard

Reçu le 3 février 1974

Analysis of the Karyotype of *Pan paniscus*. Comparison with Other *Pongidae* and *Man*

Summary. The analysis of the karyotype of pygmy *Chimpanzee* (*Pan paniscus*), and its comparison with the one of *Pan troglodytes* shows some differences on chromosomes 2q, 7, 13, and 22.

The study of the chromosomal rearrangements differentiating the *Chimpanzees* and the others *Anthropoids* and *Man* allows us to propose a filiation of ancestral species.

Résumé. L'analyse du caryotype du *Chimpanzé* nain *Pan paniscus*, et sa comparaison avec celui de *Pan troglodytes* révèle quelques différences portant sur les chromosomes 2q, 7, 13 et 22.

L'étude des remaniements chromosomiques séparant les *Chimpanzés* des autres *Primates anthropoïdes* et de l'Homme permet de proposer une filiation des espèces ancestrales.

L'étude et la comparaison des caryotypes des *Primates anthropoïdes* et de l'Homme ont déjà fait l'objet de nombreuses publications (Chiarelli, 1962; Hamerton *et al.*, 1963; Grouchy *et al.*, 1972; Turleau *et al.*, 1973).

Nous avons montré que devant le nombre et la complexité des réarrangements structuraux des chromosomes, séparant les espèces actuelles, il est nécessaire de faire une analyse de stades prométaphasiques, où les informations sont nombreuses, et par toutes les techniques de marquage en bandes, actuellement disponibles (Lejeune *et al.*, 1973; Dutrillaux *et al.*, 1973 b; Dutrillaux, 1975).

Nous analyserons ici le caryotype de *Pan paniscus*, forme maine de *Chimpanzé*, que nous comparerons à celui de *Pan troglodytes*. Une comparaison précise avec les caryotypes d'*Homo sapiens* et de *Gorilla gorilla* et de *Pongo pygmaeus* demanderait ici un trop long développement, aussi pourra-t-on se reporter à d'autres publications (Lejeune *et al.*, 1973; Dutrillaux *et al.*, 1973 b; Dutrillaux, 1975).

Matériel et méthodes

Trois femelles, en captivité au zoo d'Anvers ont été examinées. Après culture de cellules sanguines selon la microméthode habituelle, les techniques de bandes Q, R, T, G11, B.U.D.R.-acridine orange (Caspersson *et al.*, 1970; Dutrillaux et Lejeune, 1971; Dutrillaux, 1973; Gagné et Laberge, 1972; Dutrillaux *et al.*, 1973 a) ont été utilisées.

La comparaison avec *Pan troglodytes* a été réalisée à partir des résultats obtenus sur les 6 spécimens déjà analysés (Lejeune *et al.*, 1973).

Résultats

Technique de coloration par le Giemsa. Les caryotypes des deux formes sont très semblables. Comme l'avaient déjà noté Hamerton *et al.* (1963), une seule différence évidente porte sur une paire de petits chromosomes, acrocentriques chez *Pan troglodytes* et métacentriques chez *Pan paniscus*.

En fait, dès les premiers résultats des techniques de marquage (Lejeune, 1973), il apparut qu'il s'agissait du même chromosome, correspondant vraisemblablement au 22 humain, dont le bras court, hétérochromatique et variable, est en moyenne très développé chez *Pan paniscus*.

Technique des bandes Q. La très grande ressemblance des caryotypes des deux formes de *Pan* est largement confirmée.

Le bras court du 22 de *P. paniscus* émet une intense fluorescence confirmant l'hypothèse qu'il s'agit bien d'hétérochromatine. Il convient de remarquer ici l'absence de réciprocité entre bandes Q et R pour ces segments (fig. 1).

Les bandes Q terminales, en excès par rapport à *Homo sapiens*, déjà observées chez *Pan troglodytes* et *Gorilla gorilla* (Lejeune *et al.*, 1973; Dutrillaux *et al.*, 1973 b) sont retrouvées ici. Elles sont exactement observées sur les mêmes bras chromosomiques que chez *Pan troglodytes*.

Technique des bandes R. L'étude d'un grand nombre de prométaphases apporte quelques informations complémentaires :

Les chromosomes 13 de *Pan paniscus* sont tout à fait comparables à ceux d'*Homo sapiens* et des autres *Primates anthropoïdes*. Par contre, *Pan troglodytes* possède deux bandes en excès, situées entre q 14.3 et q 21.1.

Les chromosomes 7 de *Pan paniscus* possèdent un bras court identique à celui des 7 de *Pan troglodytes* et d'*Homo sapiens*. Par contre, le bras long est légèrement différent : la bande foncée q 22 paraît relativement trop proche du centromère ; la bande claire q 31 est trop longue et se trouve subdivisée par une bande sombre sans correspondance réelle chez *Homo sapiens* et *Pan troglodytes* (fig. 2).

Il pourrait donc s'agir, soit d'une inversion paracentrique, soit d'une insertion de deux bandes. La mesure de l'indice centromérique des chromosomes 7 de chaque espèce, représentés à la figure 2, donne les résultats suivants :

<i>Homo sapiens</i>	= 0,380 ± 0,014
<i>Pan troglodytes</i>	= 0,383 ± 0,013
<i>Pan paniscus</i>	= 0,345 ± 0,020

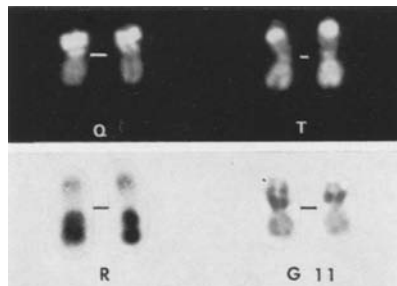


Fig. 1. Chromosomes 22 de *Pan paniscus* (bandes Q, T, R et G11)

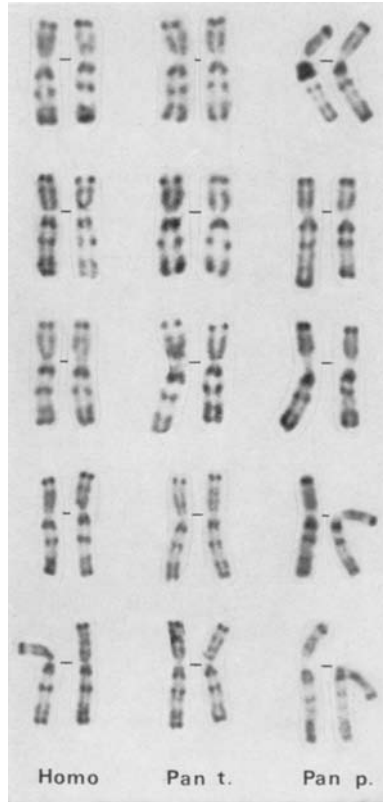


Fig. 2. Comparaison des chromosomes 7 de *Homo sapiens*, *Pan troglodytes* et *Pan paniscus* (bandes R)

Pour ces mesures, la région juxta centromérique, variable et probablement hétérochromatique, a été exclue.

Dans un premier temps, il apparaît donc que les chromosomes 7 d'*Homo sapiens* et de *Pan troglodytes* peuvent avoir un même indice centromérique, alors que celui-ci pourrait être plus faible chez *Pan paniscus*.

Une comparaison statistique précise entre les 2 formes de *Chimpanzés*, réalisée à partir de 26 éléments de *Pan paniscus* et 22 éléments de *Pan troglodytes*, montre que les indices centromériques sont significativement différents ($\delta = 46$, $t = 9,5$).

Par conséquent, dans la mesure où les bras courts semblent identiques, et où *Pan paniscus* possède un indice centromérique plus faible, l'hypothèse d'une insertion de 2 bandes dans le bras long du chromosome 7 de cette espèce semble la plus probable.

Les chromosomes 2p sont identiques (fig. 3).

Par contre, les 2q diffèrent par leur région juxta-centromérique: le bras court est plus réduit chez *Pan paniscus*, alors que le bras long porte une à deux bandes de plus que chez *Pan troglodytes*. Il pourrait donc s'être produit une inversion péracentrique, dont les points de cassure seraient situés près du centromère.

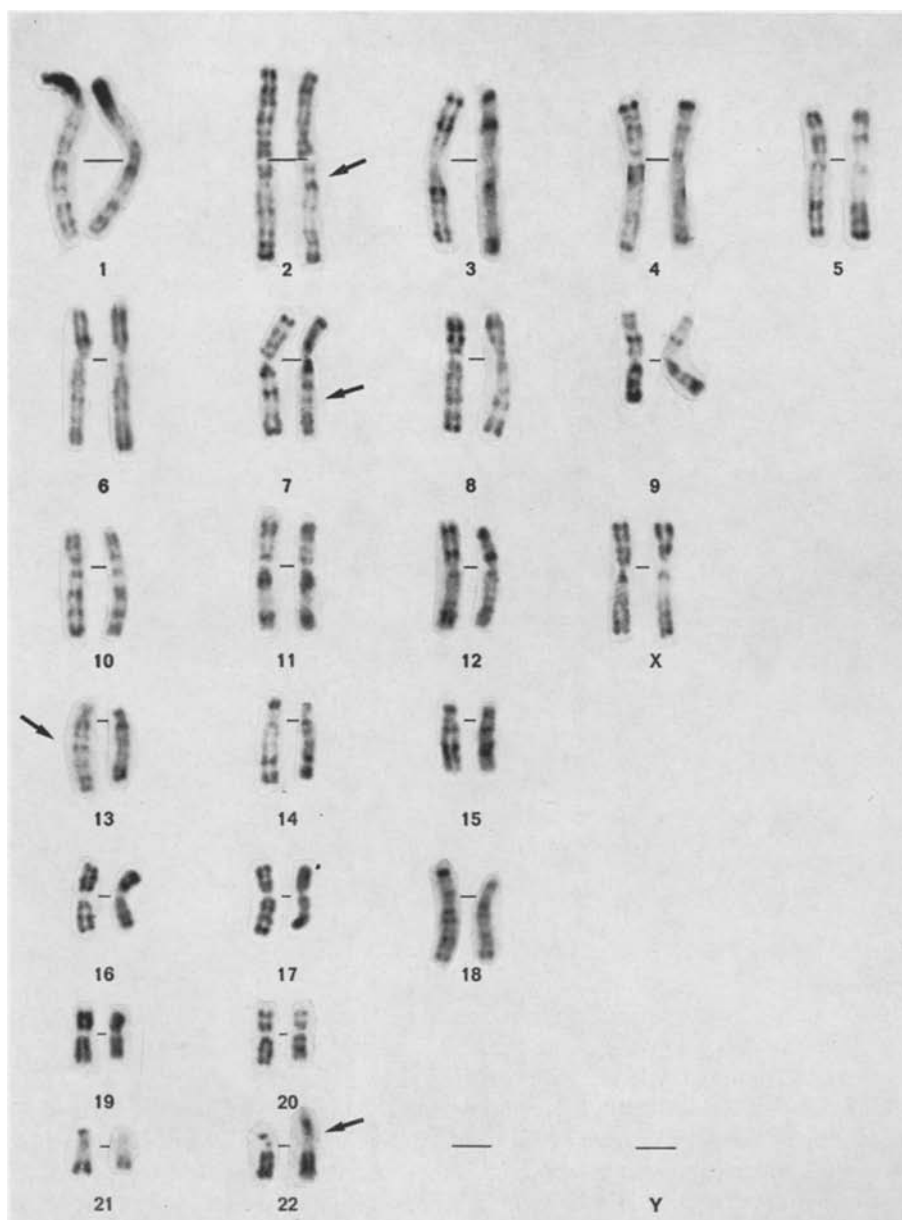


Fig. 3. Comparaison du caryotype en bandes R de *Pan troglodytes* (chromosomes de gauche) et de *Pan paniscus* (chromosomes de droite)

Discussion

Les deux formes de *Chimpanzés* possèdent assurément des caryotypes très proches. Les analogies de structure sont totales pour 20 paires de chromosomes (fig. 3).

Quatre éléments sont différents: les chromosomes 2q, 7, 13 et 22.

Pour les chromosomes 22, il s'agit essentiellement d'un excès d'hétérochromatine sur le bras court, chez *Pan paniscus*.

Pour les chromosomes 2q, l'inversion péricentrique qui différencie les deux formes s'est vraisemblablement produite tardivement dans la lignée de *Pan paniscus*. En effet, nous avons déjà signalé l'intérêt de l'étude des remaniements subis par les chromosomes 2 dans l'évolution, et montré que *Gorilla gorilla* et *Pan troglodytes* possèdent les mêmes 2q (Dutrillaux *et al.*, 1973 b).

Il est donc probable qu'un ancêtre commun à ces deux espèces possédait cet élément. D'autre part, nous avons montré (Dutrillaux, 1975) que le chromosome 2q de *Pongo pygmaeus* diffère des précédents par une inversion péricentrique, et que le chromosome 2 humain résulte de la fusion des 2p et 2q encore observés chez *Pan troglodytes*.

En considérant les formes ancestrales des espèces actuelles, il est donc possible d'établir la filiation, pour les chromosomes 2q:

$$P. pygmaeus \rightarrow G. gorilla, P. troglodytes \begin{matrix} \nearrow P. paniscus \\ \searrow H. sapiens \end{matrix}$$

Pour les chromosomes 2p, nous avons, de même, établi la séquence (Dutrillaux, 1975):

$$P. pygmaeus \text{ et } G. gorilla \rightarrow P. troglodytes \text{ et } P. paniscus \rightarrow H. sapiens$$

Au total nous pouvons donc établir, pour les chromosomes 2, la généalogie représentée à la fig. 4.

Les chromosomes 7 diffèrent par la présence de deux bandes en plus, chez *Pan paniscus*, et les chromosomes 13 par la présence de deux bandes en plus chez *Pan troglodytes*.

Dans la mesure où les chromosomes 7 de *Pan troglodytes* et les chromosomes 13 de *Pan paniscus* sont les mêmes que ceux d'*Homo sapiens*, nous pouvons en conclure, logiquement, qu'il y a eu insertion de matériel chromosomique dans les chromosomes 7 d'un ancêtre de *Pan paniscus* et dans les chromosomes 13 d'un ancêtre de *Pan troglodytes*.

L'origine de ces segments excédentaires reste inconnue. Cependant, dans la mesure où il existe une homologie presque totale entre les structures chromosomiques de l'*Homme* et des *Pongidae* (Dutrillaux, 1975), on peut imaginer d'une part que ces segments excédentaires sont équivalents, et d'autre part qu'ils dérivent de l'un des rares chromosomes qui semblent posséder plus de bandes chez les autres *Pongidae* et chez l'*Homme*, comme par exemple le chromosome 9.

Toutefois, il faudrait alors admettre que ces 2 insertions d'une même structure, dans des chromosomes différents résultent d'un même mécanisme de remaniement, dont le modèle nous échappe totalement.

De plus, si les deux insertions dérivent d'un même mécanisme, il faudrait supposer que l'accident chromosomique s'est nécessairement produit lors du clivage des lignées de *Pan paniscus* et de *Pan troglodytes*. Dans ce cas, la généalogie de ces espèces serait voisine de celle indiquée à la fig. 5a.

Inversement, si les deux insertions sont indépendantes, elles peuvent s'être produites plus tardivement, alors que les lignées des deux formes étaient déjà

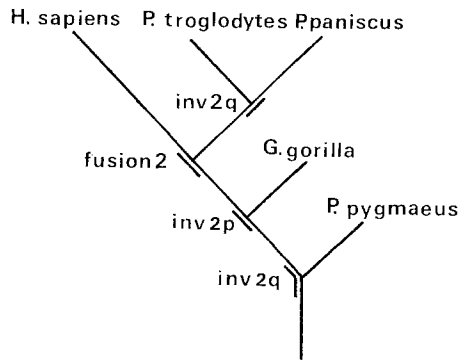


Fig. 4. Evolution présumée des chromosomes 2p et 2q

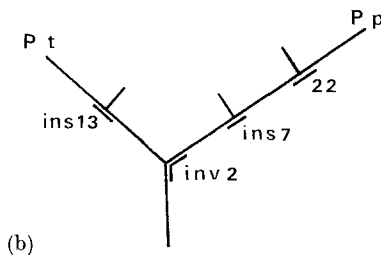
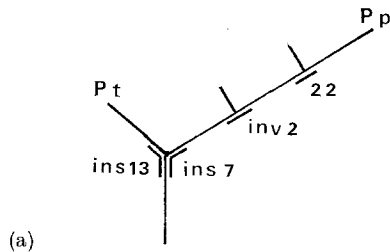


Fig. 5a et b. Représentation des accidents survenus dans les lignées de *Pan troglodytes* (*P t*) et de *Pan paniscus* (*P p*)

individualisés. Dans ce cas, l'un quelconque des remaniements que nous avons décrit, comme par exemple l'inversion du 2q de *Pan paniscus* pourrait être contemporaine, ou responsable, du clivage de deux lignées (fig. 5b).

Remerciements. Nous remercions très vivement tous ceux qui nous ont permis d'effectuer les prélèvements nécessaires aux examens chromosomiques, en particulier la Société Royale de Zoologie d'Anvers, le Professeur W. Van den Berghe et le Professeur Dr. Vétérinaire J. Mortelmans.

Bibliographie

- Casperson, T., Zech, L., Johansson, C., Modest, E. J.: Identification of human chromosomes by DNA binding fluorescent agents. *Chromosoma (Berl.)* **30**, 215 (1970)
- Chiarelli, B.: Comparative morphometric analysis of primate chromosomes. The chromosomes of anthropoid apes and of man. *Caryologia* **15**, 99 (1962)
- Dutrillaux, B.: Nouveau système de marquage chromosomique: les bandes T. *Chromosoma (Berl.)* **41**, 395 (1973)
- Dutrillaux, B.: Sur la nature et l'origine des chromosomes humains. Monographie des Annales de Génétique. Paris: L'Expansion Ed. 1975
- Dutrillaux, B., Laurent, C., Couturier, J., Lejeune, J.: Coloration par l'acridine orange de chromosomes préalablement traités par le 5 bromodéoxyuridine (BUDR). *C.R. Acad. Sci. (Paris)* **276**, 3179 (1973a)
- Dutrillaux, B., Lejeune, J.: Sur une nouvelle technique d'analyse du caryotype humain. *C.R. Acad. Sci. (Paris)* **272**, 2638 (1971)
- Dutrillaux, B., Rethoré, M. O., Prieur, M., Lejeune, J.: Analyse de la structure fine des chromosomes du Gorille (*Gorilla gorilla*). Comparaison avec *Homo sapiens* et *Pan troglodytes*. *Humangenetik* **20**, 343 (1973b)
- Gagné, R., Laberge, C.: Specific cytological recognition of the heterochromatic segment of number 9 chromosome in man. *Exp. Cell Res.* **73**, 239 (1972)
- Grouchy, J. de, Turleau, C., Roubin, M., Klein, M.: Evolutions caryotypiques de l'homme et du chimpanzé. Etude comparative de bandes après dénaturation ménagée. *Ann. Génét.* **15**, 79 (1972)
- Hamerton, J. L., Klinger, H. P., Mutton, D. E., Lang, E. M.: The somatic chromosomes of the hominoidea. *Cytogenetics* **2**, 240 (1963)
- Lejeune, J.: Scientific impact of the study of fine structure of chromatids — in chromosome identification. Nobel Foundation Stockholm, pp. 16—24. New York-London: Academic Press 1973
- Lejeune, J., Dutrillaux, B., Rethoré, M. O., Prieur, M.: Comparaison de la structure fine des chromatides d'*Homo sapiens* et de *Pan troglodytes*. *Chromosoma (Berl.)* **43**, 423 (1973)
- Turleau, C., Grouchy, J. de, Klein, M.: Phylogénie chromosomique de l'homme et des primates hominiens (*Pan troglodytes*, *Gorilla gorilla* et *Pongo pygmaeus*). Essai de reconstitution du caryotype de l'ancêtre commun. *Ann. Génét.* **15**, 225 (1972)

Dr. B. Dutrillaux
 Institut de Progenèse
 15, rue de l'École de Médecine
 F-75006 Paris, France