© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

— (1955): Contribution à l'étude des chauves-souris du Maroc: *Pipistrellus savii* et *Barbastella barbastellus*. Bull. Soc. Sci. nat. Phys. Maroc, **35**, 257—263.
VAN DER PIJL, L. (1957): The dispersal of plants by bats. Acta Bot. Neerl., **6**, 291—315.
PETERSON, R. L. (1971): The systematic status of the African molossid bats *Tadarida bemmeleni* and *Tadarida cistura*. Can. J. Zool., **49**, 1347—1354.
ROBERTS, A. (1951): The mammals of South Africa. Trustees of The mammals of South Africa Book Fund, Johannesburg.
ROSS, A. (1967): Ecological aspects of the food habits of insectivorous bats. Proc. West. Found. Vertebr. Zool., **1**, 205—263.
SCHOENER, T. W. (1965): The evolution of bill size differences among sympatric congeneric species of birds. Evolution, **19**, 189—213.
SETZER, H. W. (1957): A review of Libyan mammals. J. egypt. publ. Hlth. Ass., **32**, 41—82.
SIMPSON, G. G. (1964): Species density of North American recent mammals. Syst. Zool., **13**, 57—73.
SMITHERS, R. H. N. (1968): A chek list and atlas of the mammals of Botswana (Africa). Trustees natl. Mus. Rhodesia.
STORCH, G. (1968): Funktionsmorphologische Untersuchungen an der Kaumuskulatur und an korrelierten Schädelstrukturen der Chiropteren. Abh. senckenberg. naturf. Ges., **517**, 1—92.
STRUHSAKER, T. T. (1961): Morphological factors regulating flight in bats. J. Mammal., **42**, 152—159.
TAMSITT, J. R. (1967): Niche and species diversity in neotropical bats. Nature, London, **213**, 784—786.
TOSCHI, A. (1954): Elenco preliminare dei mammiferi della Libia. Suppl. Ric. Zool. appl. Caccia, Bologna, **2**, 241—273.
VEIGA-FERREIRA, M. C. (1949): Notas acerca dos microquirópteros da Guiné Portuguesa. Ann. Jta. Missões Geograf. Invest. colon. Lisboa, (Trab. Missão Zool. Guiné), **4**, 187 bis 297.

Anschrift des Verfassers: Dr. D. KOCK, Forschungsinstitut Senckenberg, 6 Frankfurt a. M., Senckenberg-Anlage 25

Les chromosomes des *Sorex* du groupe *araneus-arcticus* (Mammalia, Insectivora)[1]

Par A. MEYLAN et J. HAUSSER

Station fédérale de Recherches agronomiques, Nyon, Suisse

Réception du Ms. 18. 9. 1972

Introduction

Parmi les musaraignes du genre *Sorex* L., 1758, HOFFMANN (1971) distingue, à la suite des travaux des systématiciens russes et américains, le groupe *araneus-arcticus*. Or, les limites de ce groupe sont mal définies et la position systématique de ses représentants pose encore nombre de problèmes. L'analyse chromosomique peut cependant

[1] Travail bénéficant du subside no 5263/3 du Fonds national suisse de la Recherche scientifique.

Z. Säugetierkunde 38 (1973) 143—158
© 1973 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ASTM-Coden: ZSAEA 7

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

apporter de précieux renseignements tant sur les relations taxonomiques que sur l'évolution des diverses populations.

Le premier caryotype d'une espèce de ce groupe a été décrit de Suisse par Bovey (1949) qui, chez des ♂♂ de *S. araneus* L., 1758, note la présence d'un trivalent sexuel, sans toutefois parvenir à en déterminer la nature. Cette dernière, correspondant au schéma X — Y_1Y_2 a été précisée par Sharman (1956). Depuis cette époque, ce complexe sexuel a été retrouvé par de nombreux auteurs dans toute l'Europe, en Russie et en Sibérie ainsi qu'en Amérique du Nord chez des musaraignes du genre *Sorex* dotées par ailleurs de formules chromosomiques très différentes.

Les caractéristiques des caryotypes actuellement connus peuvent se résumer comme suit: chez *S. araneus* existent deux types chromosomiques distincts appelés A et B par l'un de nous (Meylan 1964). Le type A, distribué en Europe des Pyrénées au Rhin, est défini par un nombre diploïde autosomique (2Na) constant et égal à 20 et un nombre fondamental autosomique (NFa) de 40, en comptant les petits bras courts de la paire autosomique acrocentrique. Le type B, occupant la Grande-Bretagne, la Scandinavie et l'est de l'Europe, est polymorphe, le 2Na variant de 18 à 30 avec un NFa de 36. 24 bras autosomiques sont impliqués dans le polymorphisme robertsonien de cette forme; le sens du processus (fusions ou fissions centriques) n'a cependant jamais été déterminé avec précision. Meylan (1964) a admis que les populations de type B de Suisse relèvent d'un même caryotype de base de 2Na = 20 et Ford et Hamerton (1970) ont trouvé une parfaite anologie des métacentriques chez tous les sujets étudiés en Grande-Bretagne. Par contre, Orlov et Koslovsky (1969) ont découvert une différence dans le caryotype d'individus provenant de Sibérie et Fredga, cité par Ford et Hamerton (1970) et *in litt.*, a trouvé une autre morphologie autosomique chez des *S. araneus* du nord de la Suède. Ainsi donc, des fusions centriques intervenant dans un ordre différent ou des réarrangements chromosomiques plus complexes seraient à l'origine de caryotypes distincts au sein du type B. Il faut relever que Ford (1964) a déjà mis en évidence, chez un sujet de la forme B de Grande-Bretagne, une modification chromosomique non-robertsonienne. Notons encore que les types A et B de *S. araneus* ne semblent sympatriques que sur d'étroites bandes (Meylan 1964; Ott 1968). Aucun hybride n'ayant été capturé dans les deux zones de contact étudiées, Ott a élevé la forme A au rang d'espèce, la nommant *S. gemellus* Ott, 1968.

Koslovsky (1971) a étudié des musaraignes de Sibérie usuellement rattachées à *S. arcticus* Kerr, 1792. Trouvant chez les sujets de Kemerovo et chez ceux d'Irkoutzk des formules chromosomiques différentes, il leur attribue un statut d'espèce, respectivement *S. sibiriensis* Ognev, 1921, et *S. irkutensis* Ognev, 1933. Toutes deux sont caractérisées par le même NFa de 52 (considéré comme nombre fondamental NF par Koslovsky) avec des nombres diploïdes 2N de 32 ♀, 33 ♂ et 36 ♀, 37 ♂.

Pour *S. arcticus* d'Amérique du Nord, seuls les 2N et NF ont été mentionnés par Meylan (1968). Le caryotype de cette espèce est présenté dans le cadre de cette étude.

Au cours de ces dernières années, nous avous capturé et fixé des *S. araneus* dans diverses régions d'Europe et plus particulièrement en Suisse. En sélectionnant des sujets de quelques populations et en nous fondant sur les données de la littérature, nous avons cherché à déterminer les différents types de variation robertsonnienne caractérisant la forme B. La comparaison des divers caryotypes connus du groupe *araneus-arcticus* nous permet de donner de celui-ci une définition cytologique. Enfin, bien que des données très importantes relatives aux formules chromosomiques manquent encore, en particulier pour les musaraignes de Sibérie extrême-orientale et pour *S. arcticus tundrensis* que Hoffmann et Peterson (1967) rattachent aux formes asiatiques, nous pouvons déjà tirer de précieuses indications sur les relations qui existent entre les divers représentants de ce groupe.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Matériel et méthode

Aux nombreux *S. araneus* étudiés par l'un de nous (Meylan 1964, 1965), nous pouvons ajouter 69 individus provenant de 36 localités nouvelles. Ce matériel, récolté au cours de ces dernières années (Tableau 1) nous permet de préciser la répartition des types A et B. Enfin, nous avons examiné un ♂ et une ♀ de *S. arcticus* capturés le 12 juillet 1967 dans le Whiteshell Provincial Park, Manitoba, Canada, animaux qui nous ont été aimablement remis par Ch. H. Buckner, Dr. tous les spécimens étudiés seront déposés au Muséum d'Histoire naturelle de Genève.

Les préparations microscopiques ont été effectuées en suivant la technique décrite précédemment (Meylan 1967). Les mensurations des chromosomes ont été réalisées sur les dessins au trait de métaphases photographiées, et projetées, le grossissement étant alors de 5000 x.

Pour comparer les divers caryotypes, nous avons pris en considération la longueur de chaque bras et la longueur totale des chromosomes. Les valeurs obtenues ont ensuite été transcrites en pour mille de la longueur totale des éléments du stock haploïde ♀, soit de la demi-

Tableau 1

Nouvelles données cytologiques pour les types A et B de *S. araneus*

		n	2Na
Type A			
Chavannes-de-Bogis (Vaud)	CH	2	20
Genolier (Vaud)	CH	2	
Mollens (Vaud)	CH	1	
Puidoux (Vaud)	CH	1	
Lignières (Neuchâtel)	CH	1	
Saint Ursanne (Berne)	CH	3	
Ocourt (Berne)	CH	1	
Felsenau (Argovie)	CH	1	
Sempach (Lucerne)	CH	2	
Altenrhein/Thal (Saint Gall)	CH	3	
Saint Jacques-des-Blats (Cantal)	F	1	
Bonnevaux (Doubs)	F	1	
Saint Michel en l'Herm (Vendée)	F	2	
Type B			
Le Chenit (Vaud) *	CH	2	20
Bullet (Vaud)	CH	2	20
Les Ponts-de-Martel (Neuchâtel)	CH	2	21—22
La Chaux-du-Milieu (Neuchâtel)	CH	1	21
Les Hauts-Geneveys (Neuchâtel) *	CH	1	20
Saint Brais (Berne)	CH	1	20
Bonfol (Berne)	CH	2	22
Meienried (Berne)	CH	2	20
Marsens (Fribourg)	CH	1	20
Sambrancher (Valais) *	CH	1	23
Ayer (Valais)	CH	2	23
Warth/Uesslingen (Thurgovie)	CH	1	23
Saint Gothard (Tessin)	CH	3	23—24
San Antonio (Tessin) *	CH	1	22
Bivio (Grisons)	CH	2	21
Ramosch (Grisons)	CH	3	?
Kolbsheim (Bas-Rhin)	F	2	24
Les Alberts (Hautes-Alpes)	F	7	22—24
Garmisch-Partenkirchen (Bavière)	D	1	24
Neusiedl am See	A	3	23
Zwerovka-Zuberec	CS	5	22—23
Bialowieza	CS	1	22
Studenec	PL	2	20

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

longueur de tous les éléments pour les ♀♀ et de la demi-longueur des autosomes additionnée de celle de l'X pour les ♂♂. Notons que si chez les ♂♂ la détermination des chromosomes sexuels X et Y_2 n'offre aucune difficulté, l'Y_1 ne peut être reconnu avec certitude que chez les individus dépourvus d'autosomes acrocentriques de petite taille. Lorsque plusieurs éléments de même nature étaient présents, nous avons toujours choisi le plus petit comme Y_1. Pour chaque chromosome à centromère intercalaire, nous avons encore calculé l'indice centromérique IC, soit le rapport de la longueur du bras court sur la longueur totale. Pour notre matériel, nous donnons toujours des valeurs moyennes, fondées sur trois cinèses par individu analysé.

Afin de mettre en évidence des différences dans l'ordre des fusions centriques caractérisant le type B de *S. araneus,* il fallait d'une part couvrir l'ensemble de l'aire de répartition de cette forme et d'autre part nous limiter aux caryotypes à 2N le plus bas possible. En effet, lorsque les bras autosomiques sont présents sous forme d'acrocentriques, leur contraction est souvent plus forte que dans leurs homologues réunis en métacentriques. Cette différence est d'autant plus marquée que les bras sont plus longs et une comparaison uniqmement fondée sur leur taille s'avère délicate. Ceci nous a conduit à retenir 10 localités soit Gadevang (DK), Geilo et Olderdalen (N), Vedasa et Dillnäs (S), Nirvas (SF) (voir Meylan 1965) auxquelles il faut ajouter celles qui sont indiquées par un astérisque dans le Tableau I. En chaque point, nous n'avons retenu qu'un individu ayant fourni des métaphases particulièrement claires. Nous avons ajouté à notre matériel les mêmes données relevées sur les figures 2 (caryogrammes 1, 4 et 5) publiée par Orlov et Koslovsky (1969) et 1 (a et v) du travail de Koslovsky (1970), ainsi que sur une photographie d'une métaphase d'un sujet d'Irkoutsk que nous a gracieusement fourni B. Krahl, Dr. Au total, 38 cinèses ont été mesurées et les caryotypes rencontrés dans 14 localités confrontés.

La comparaison des quatre caryotypes principaux actuellement connus dans le groupe *araneus-arcticus* est fondée, pour *S. araneus,* sur trois individus de type A de Suisse occidentale, du Jura français et de Belgique et sur trois sujets de type B de la population d'Europe continentale, et pour *S. arcticus* d'Amérique du Nord sur les deux spécimens étudiés dans ce travail. Enfin, parmi les musaraignes de Russie rattachées également à *S. arcticus,* nous avons dû nous limiter, vu la faible qualité des métaphases présentées, à une seule des cinèses publiées (figure 1 (l) de Koslovsky, 1971) provenant d'un individu de Kemerovo.

Le polymorphisme du type B de *S. araneus*

De nombreux caryogrammes de cette forme ayant déjà été publiés (Meylan 1964, 1965; Orlov et Alenin 1968; Koslovsky 1969; Orlov et Koslovsky 1969; Koslovsky 1970; Ford et Hamerton 1970), nous nous limitons ici à donner les résultats graphiques des mensurations relevées sur les 38 métaphases retenues. Pour débuter, nous avons comparé la longueur relative de chacun des bras des chromosomes. Dans la Figure 1, les bras autosomiques ont été ordonnés selon leurs longueurs décroissantes, les valeurs moyennes étant reliées entre elles pour rendre compte de la diminution progressive de taille. Le coefficient de variation est de même ordre pour chacun d'entre eux, un peu plus marqué pour les grands bras dont l'état de contraction est moins constant que pour les bras courts. L'analogie de leurs longueurs dans les caryotypes des diverses populations nous autorise à considérer ces éléments comme identiques et à admettre que seuls des processus robertsoniens sont en cause. Bien que présentant une contraction plus variable, les chromosomes sexuels sont toujours identiques et les longueurs de leurs bras n'ont pas été reportées dans la Figure 1.

Dans une seconde étape, nous avons désigné, en regard de chaque bras, le chromosome auquel il se rapporte. Les autosomes sont numérotés en fonction de leurs longueurs décroissantes. Ainsi, dans la Figure 1, les grands chiffres indiquent le grand bras et les petits chiffres, le bras court de chaque élément. Nous constatons alors que l'ordre de ces chiffres n'est pas constant, un même bras pouvant, suivant l'origine du sujet examiné, appartenir à des chromosomes de paires différentes. Nous avons ainsi reconnu quatre types de formules chromosomiques distincts, dont seuls trois sont mentionnés dans la Figure 1. Le premier, indiqué par un cercle, concerne les individus d'Europe, de la Suisse au Danemark. L'individu de Moscou, étudié par Orlov

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

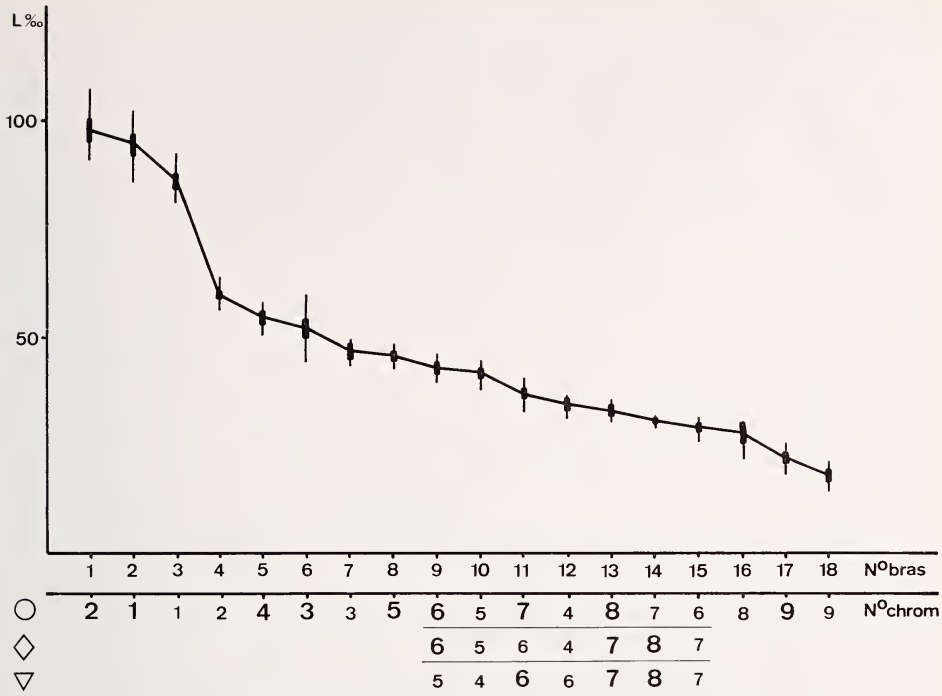

Fig. 1. Longueurs relatives (L ‰) des bras autosomiques de *S. araneus* type B disposées en ordre de grandeurs décroissantes. Les numéros des chromosomes auxquels ces bras appartiennent sont indiqués pour trois populations (explications complémentaires dans le texte)

et Koslovsky (1969), semble appartenir également à cette population, bien que l'examen de ce seul caryogramme ne nous permette pas de l'affirmer en toute certitude. Il est vraisemblable que les *S. araneus* de Grande-Bretagne possèdent aussi ce même caryotype, le schéma donné par Ford et Hamerton (1970) correspondant à nos mesures pour cette population d'Europe continentale.

Désigné par un losange dans notre figure, le deuxième type, qui diffère du groupe européen principalement par sa paire 6 beaucoup plus métacentrique, est localisé dans la partie sud de la péninsule scandinave. Un seul sujet du nord, provenant de Olderdalen en Norvège, a été analysé. Il représente un troisième type de formule chromosomique dont il n'a pas été tenu compte dans la Figure 1. Enfin, les individus de Sibérie montrent une paire 4 très différente, ce qui a déjà été signalé par les auteurs russes (Orlov et Koslovsky 1969). Ce type est indiqué par un triangle dans la Figure 1.

Pour mieux mettre en évidence les différences entre les caryotypes des populations étudiées, nous avons comparé entre elles les données d'Europe, du sud de la Scandinavie et de Sibérie en nous limitant chaque fois aux trois individus au nombre diploïde le plus bas. La Figure 2 montre les caractéristiques des chromosomes sous forme d'un diagramme, l'indice centromérique IC étant rapporté à la longueur totale L. La position particulière des éléments de la paire 4 de la population sibérienne et de la paire 6 de celle de Scandinavie du sud est immédiatement perceptible, alors que les autres différences, impliquant la fusion d'acrocentriques de taille voisine, sont moins nettes. Les rectangles représentant l'étendue de la variation montrent que celle-ci est particulièrement importante pour le chromosome sexuel X.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

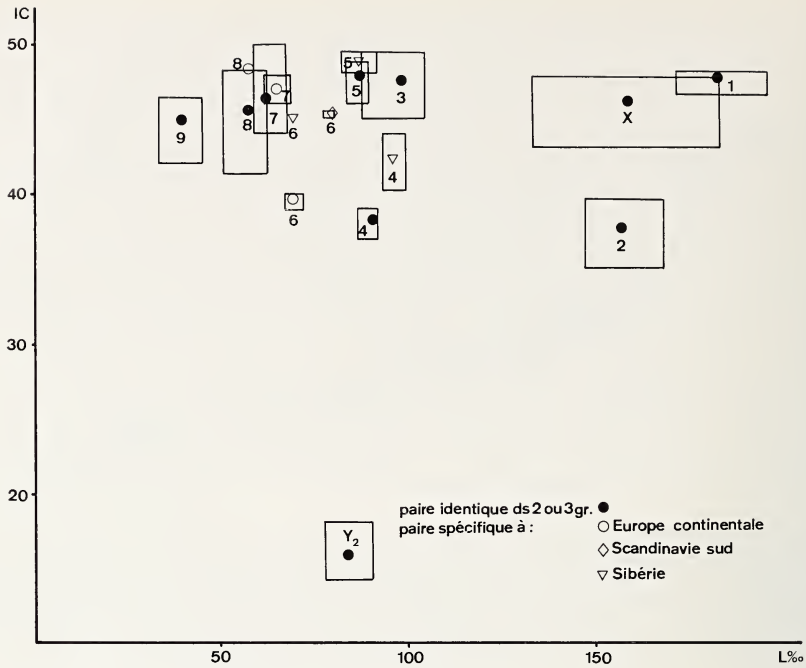

Fig. 2. Représentation graphique de l'indice centromérique (IC) en fonction de la longueur relative des chromosomes (L ‰) pour trois populations de *S. araneus* type B

Cinq des six paires concernées par le polymorphisme robertsonien résultent de fusions différentes dans les populations considérées (Fig. 1 et 2). Il est hors de doute que des recherches plus étendues permettront de déceler aussi que la paire 3 n'est pas homologue dans toutes les populations.

Bien que les échantillons examinés soient faibles et que l'analogie des bras, basée uniquement sur des mensurations, ne soit pas toujours certaine, nous devons admettre que le polymorphisme robertsonien de ce groupe procède de fusions et non de fissions centriques, conduisant ainsi à des caryotypes différents. La formule chromosomique primitive du type B de *S. araneus* devrait donc présenter un nombre élevé d'éléments acrocentriques. La grande répartition géographique des caryotypes analogues nous conduit à considérer la fusion centrique comme un processus relativement rare, chaque fusion s'étant répandue très vite à travers l'aire de distribution de ce type, retenue ou non, au niveau des populations locales, suivant l'avantage sélectif qu'elle leur conférait et arrêtée seulement lorsque l'un des bras concernés était déjà impliqué dans une autre paire méta- ou submétacentrique.

Il serait intéressant de préciser les rapports existant entre ces populations caractérisées par des fusions centriques différentes. Des croisements expérimentaux permettraient, par l'étude de la méïose et de la fécondité des descendants, d'une part de préciser des relations entre les différents caryotypes et, d'autre part, de définir le degré d'isolement des groupes considérés. Le problème soulevé ici est comparable à celui actuellement étudié chez les diverses formes chromosomiques des *Mus* d'Europe (voir Gropp, Olert et Maurizio 1971).

Dans chacun des groupes à caryotype distinct se manifeste, au niveau de certaines populations locales, un polymorphisme robertsonien interne, phénomène qui a été signalé la première fois en Grande-Bretagne (Ford, Hamerton et Sharman 1957),

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

puis observé également en Europe (Meylan 1964, 1965) et jusqu'en Sibérie (Kos-lovsky 1970). Cependant, cette variation interne ne se rencontre pas dans toutes les localités et elle ne touche qu'une, deux ou très rarement trois paires métacentriques. Il est vraisemblable qu'un polymorphisme plus étendu entraînerait l'apparition d'individus hautement hétérozygotes, ce qui limiterait alors leur fécondité, un phénomène identique existant entre *Mus musculus* et *M. poschiavinus* (Tettenborn et Gropp 1970). Là encore, des hybridations expérimentales entre individus à nombres diploïdes éloignés, mais appartenant au même groupe de caryotype, conduiraient à déterminer le degré d'isolement engendré par ces mécanismes.

Notons enfin que si l'évolution chromosomique du type B de *S. araneus* est essentiellement basée sur des fusions centriques, d'autres modes de transformation peuvent également jouer un rôle. Ainsi à San Antonio (Tessin, Suisse), nous avons découvert, chez un ♂ doté de 25 chromosomes, une inversion péricentrique présente à l'état hétérozygote dans l'un des autosomes acrocentriques appartenant probablement à la paire 8. Dans la métaphase présentée (Fig. 3), les flèches indiquent l'élément modifié ainsi que les petits autosomes de la paire 9. Ce cas, encore isolé, ne permet pas de conclure quant à la signification évolutive de l'inversion péricentrique dans ce groupe.

Le caryotype de *S. arcticus* Kerr

Selon Hall et Kelson (1959), les deux spécimens étudiés, qui proviennement du Whiteshell Provincial Park, Manitoba, Canada, doivent être rattachés à la sous-espèce *S. arcticus arcticus* Kerr. Bien que leurs nombres diploïdes de 29 pour le ♂ et de 28 pour la ♀ aient été mentionnés dans un précédent travail (Meylan 1968), la

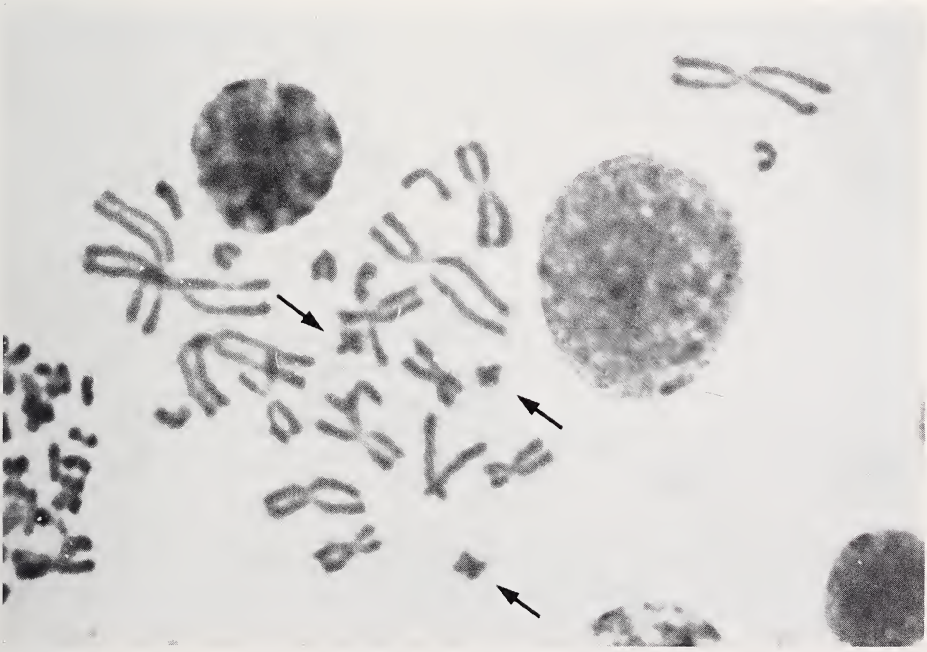

Fig. 3. Métaphase diploïde relevée chez un ♂ de *S. araneus* type B de San Antonio, Tessin, Suisse, montrant une inversion péricentrique hétérozygote (rate x 2500). Les flèches indiquent les chromosomes de la paire 9 et le métacentrique néoformé

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

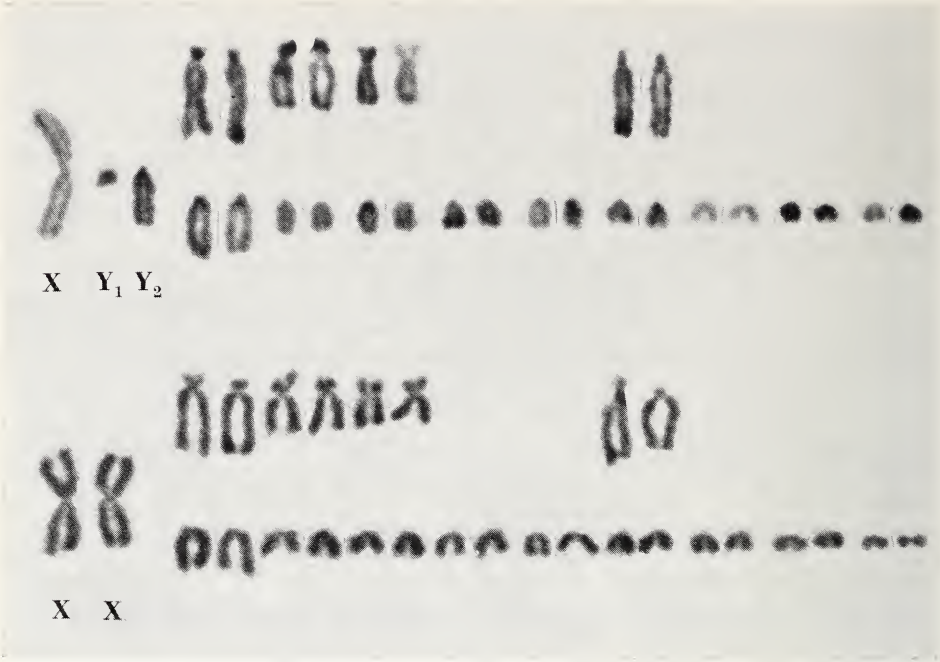

Fig. 4. Caryogrammes de *S. arcticus* ♂ et ♀ du Whiteshell Provincial Park, Manitoba, Canada (rate x 2500)

formule chromosomique de cette musaraigne n'a jamais été présentée. La Figure 4 donne les caryotypes ♂ et ♀ relevés chez les deux sujets analysés.

L'examen de ce matériel permet immédiatement de noter que *S. arcticus* est doté d'un trivalent sexuel de même nature que celui caractérisant les différentes formes de *S. araneus*. Par contre, la morphologie des autosomes est sensiblement différente. Dans les caryogrammes présentés (Fig. 4), ils ont été réunis en trois groupes. Les deux premiers rassemblent des éléments montrant deux bras nettement distincts et facilement identifiables, les autosomes de la quatrième paire étant caractérisés par un centromère subterminal. Tous les autres autosomes, formant le troisième groupe, sont acrocentriques. Une paire, plus grande, est également reconnaissable, alors que toutes les autres ont été formées arbitrairement vu la longueur régulièrement décroissante des éléments. Le 2Na de *S. arcticus* est égal à 26 et le NFa à 34.

Il faut noter que si les deux individus étudiés possèdent la même formule chromosomique, il n'est pas certain que *S. arcticus* soit caractérisé par cet unique caryotype. La présence de nombreux autosomes acrocentriques permet d'envisager que, comme chez *S. araneus,* diverses fusions centriques ou d'autres réarrangements plus complexes puissent se produire.

Comparaison des types chromosomiques actuellement connus dans le groupe *araneus- arcticus*

Pour cette étude, nous avons retenu quatre types principaux de formules chromosomiques. Chez *S. araneus,* nous avons pris en considération le type A *(S. gemellus)* et la forme européenne du type B. Pour *S. arcticus,* la forme du Manitoba que nous appellerons C et une de celles de Sibérie, nommées ici D, soit la forme de Keme-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

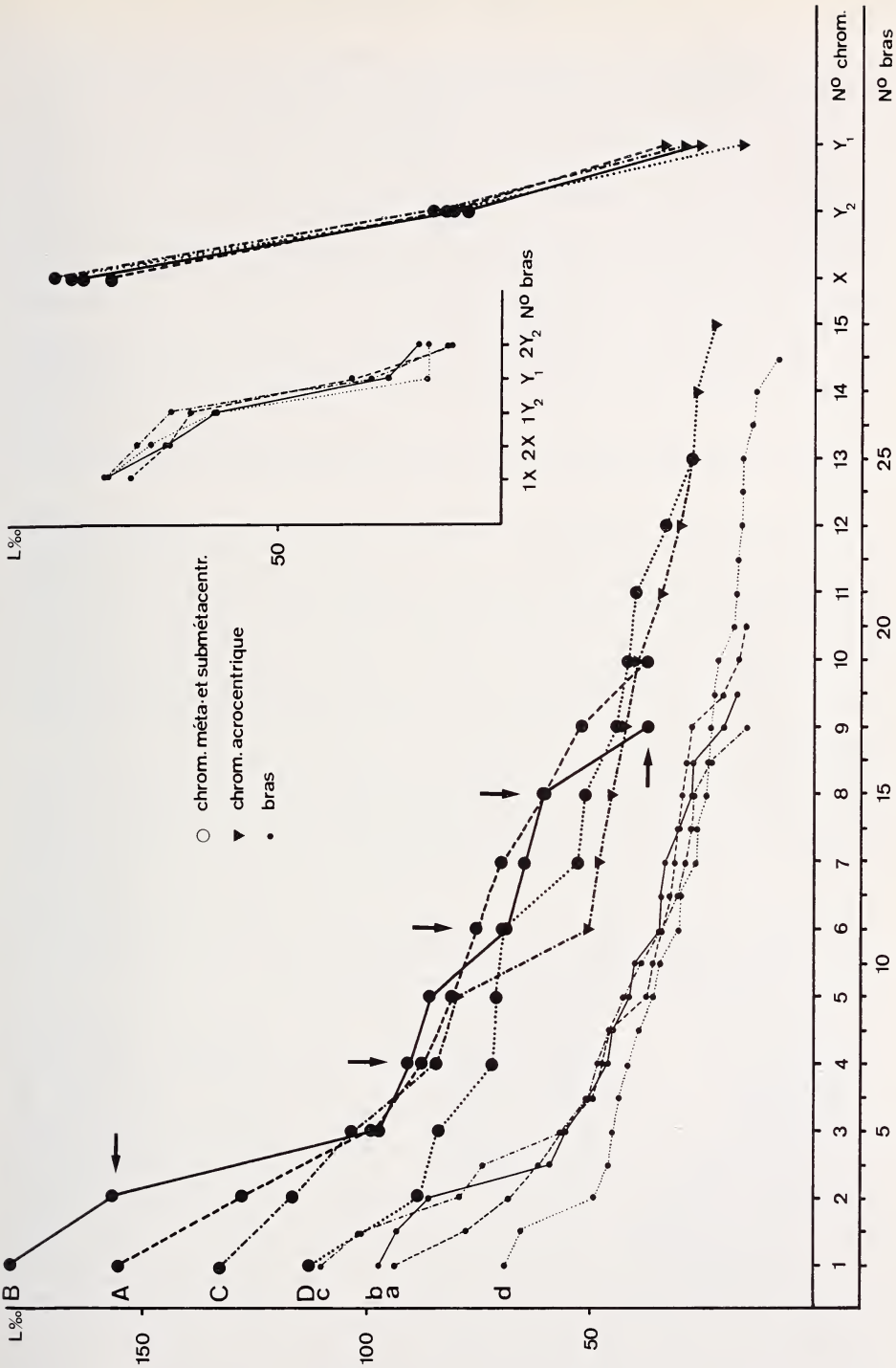

Fig. 5. Longueurs relatives (L ⁰/₀₀) des chromosomes (lettres majuscules) et des bras (lettres minuscules) disposées en ordre de grandeurs décroissantes pour les quatre types de *Sorex* étudiés (explications complémentaires dans le texte)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

rovo *(S. sibiriensis)* ont été examinées. Notons que pour ce dernier type, nous n'avons pu suivre la proposition de sériation de Koslovsky (1971). Cet auteur admet comme Y_2 un élément submétacentrique dont la taille est beaucoup trop grande aussi bien par rapport à l'X qu'en fonction de la longueur totale du stock autosomique. Un chromosome dont la morphologie et la grandeur sont analogues à l'Y_2 des autres types étudiés se trouve cependant dans cette cinèse (1er élément de la paire 4 de l'arrangement de l'auteur). Il est alors possible de construire un meilleur caryogramme en admettant une inversion péricentrique dans un couple autosomique. Ce type de variation est d'autant plus plausible que Koslovsky lui-même l'admet pour un sujet d'Irkoutzk présenté dans la même publication. Nous avons de plus reconnu certains petits bras courts, ce qui porte le NFa à 54–56.

La comparaison de ces caryotypes est illustrée par la Figure 5. Dans ce graphique, nous avons reporté d'une part les longueurs des différents chromosomes (lettres majuscules) et d'autre part, celles des bras (lettres minuscules). Précisons que les bras comme les chromosomes ont été alignés en tenant compte uniquement de leur taille décroissante. Pour chaque type, les valeurs moyennes sont reliées par un tracé caractéristique.

Le premier élément frappant de cette comparaison est la grande analogie du complexe sexuel dans les quatre formes considérées. Si une nette variation s'observe toutefois au niveau de l'Y_1, elle provient sans doute du choix arbitraire de cet élément: en effet, lorsque plusieurs acrocentriques étaient présents, c'est toujours le plus petit qui a été retenu. Ce choix ne se justifiait probablement pas dans tous les cas. Il est regrettable que la structure du trivalent sexuel n'ait pu être observée dans des divisions méïotiques de ♂♂ de *S. arcticus;* toutefois, l'analogie relevée nous paraît suffisante pour envisager une origine commune de ce complexe dans les quatre groupes considérés.

Les types chromosomiques A et B de *S. araneus* ont déjà été comparés par Meylan (1964) et par Ford et Hamerton (1970). Le type A présente quatre bras autosomiques de plus que B et les auteurs anglais admettent qu'ils possèdent cinq paires communes, indiquées, par des flèches dans la Figure 5. Cependant, si l'on considère que dans la race B les paires 3 à 8 sont sujettes au polymorphisme robertsonien, alors que ce phénomène n'a jamais été découvert chez A, et que la correspondance des longueurs au niveau de ces paires de taille moyenne est loin d'être parfaite, nous doutons sérieusement de leur origine commune. En revanche, l'analogie des paires 1 de A et 2 de B ainsi que 10 de A et 9 de B semble admissible.

Si nous considérons les longueurs relatives des bras autosomiques des types A et B, nous constatons que les bras 2 et 3 sont plus courts chez A que chez B; cette différence se trouve compensée par la présence de bras supplémentaires chez A. Pour le reste, les deux lots s'épousent très étroitement et peuvent, dans l'état actuel de nos connaissances, mais avec une certaine prudence, être considérés comme homologues. En effet, les autosomes de la paire 4 de A présentent une zone hétérochromatique qui ne se retrouve pas chez B. Bien que ces deux formes A et B soient de toute évidence étroitement apparentées, il nous paraît difficile de suggérer un schéma précis de la séquence des réarrangements chromosomiques permettant de les relier. Le caryotype de l'espèce américaine *S. arcticus,* considérée comme type C, ne diffère que peu de ceux des *S. araneus* A et B. Son NFa de 34 est très voisin de celui du type B, égal à 36. La sériation des bras autosomiques nous montre une parenté étroite. Si les premiers éléments sont plus longs, cette différence est compensée par leur nombre inférieur. Nous pouvons admettre que la forme C est proche des types européens de *S. araneus,* sa parenté avec eux étant voisine de celle reliant A et B. La comparaison est particulièrement éloquente entre le type C et les formes de B à nombre diploïdes élevés.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Le NFa des «*arcticus*» de Sibérie, type D *(S. sibiriensis)*, est nettement supérieur à ceux des autres représentants du groupe. La série décroissante des bras autosomiques de cette forme montre qu'ils sont sensiblement plus courts; en revanche, beaucoup des chromosomes à centromère intercalaire (paires 7 à 14) correspondent tant au bras du type B qu'aux éléments acrocentriques du type C. Cette similitude de taille nous permet de considérer que le principal mécanisme qui a séparé cette forme des autres est l'inversion péricentrique. Les deux grandes paires d'acrocentriques caractérisant les individus d'Irkoutzk *(S. irkutensis)*, la présence d'inversions péricentriques hétérozygotes dans ce même matériel ainsi que chez le sujet que nous avons réexaminé — si notre hypothèse concernant le Y_2 est correcte — viennent confirmer cette idée. En tenant compte des correspondances énoncées ci-dessus, nous pouvons avancer qu'un minimum de huit inversions péricentriques ont fait diverger cette forme des autres. Il est évident que d'autres transformations ont joué un rôle, plus difficile à détecter.

Distribution des différents représentants du groupe *araneus-arcticus*

La répartition des formes prises en considération dans ce travail est représentée dans la Figure 6. En Europe occidentale, la distribution des types A et B est fondée sur des données cytologiques. Pour le reste, nous nous sommes appuyés sur les cartes publiées par Hoffmann et Peterson (1967) et Youdin (1971). L'aire de répartition des différents types est indiquée par des hachures, les signes figurant les principales localités d'où des animaux ont été analysés. Suivant Hoffmann et Peterson, nous avons séparé chez les *S. arcticus* américains, *S. arcticus tundrensis* (lettre E) de l'espèce type à laquelle appartiennent les individus analysés (lettre C).

Le type A est répandu en Europe occidentale des Pyrénées au Rhin. Nous n'avons pas tenu compte des données relatives à l'Espagne (Van den Brink 1967), des études en cours sur les *Sorex* de ce pays faisant douter de leur appartenance au type A (Ortiz comm. pers.) Bien que la limite de répartition orientale de la forme A ne soit pas très franche, l'étude des rares zones de contact connues entre A et B (Meylan 1964; Ott 1968) nous montre que ces deux musaraignes ne doivent se rencontrer que sur d'étroites bandes. Il est fort possible en revanche, comme nous le suggèrent les données cytologiques de Suisse (Fig. 7) que l'on trouve une mosaïque de populations non sympatriques des deux types sur une tranche de 200 à 400 km de large des Alpes occidentales au nord des Pays-Bas. Notons enfin qu'en Suisse, le type A ne semble guère dépasser l'altitude de 1000 m., alors que B, qui occupe toutes les hau-

Fig 6. Répartition géographique des *Sorex* du groupe *araneus-arcticus*. Les signes indiquent les principales localités d'où des individus ont été analysés cytologiquement (signes noirs = données personnelles, signes blancs = données de la littérature): cercles = type A; triangles = B; carré = C et losanges = D

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Fig. 7. Répartition en Suisse des types A et B de *S. araneus*

teurs, existe également en plaine.

Dans l'aire de répartition du type B, nous n'avons pas reporté les données relatives à la distribution des groupes à fusions centriques différentes, les données actuelles étant encore par trop fragmentaires. Des études complémentaires permettront de définir les limites de ces zones et de connaître leurs éventuels recoupements. Relevons, pour terminer, que l'aire de répartition du type B recouvre largement celle des formes sibériennes de *S. arcticus,* réunies ici sous la lettre D.

Discussion et conclusion

Bien que toutes les espèces réunies dans le groupe *araneus-arcticus* délimité en 1971 par Hoffmann (groupe 1 de cet auteur) n'aient pas encore fait l'objet d'une étude chromosomique, il nous paraît possible de remplacer les critères généralement utilisés par une définition cytologique. En effet, chez tous les types examinés dans ce travail, nous avons relevé la présence de chromosomes sexuels multiples identiques, correspondant au schéma $X\text{-}Y_1Y_2$. Une telle structure étant rare chez les mammifères, nous devons admettre que dans l'évolution du genre *Sorex,* la translocation d'un bras autosomique sur l'X primitif n'a dû se produire qu'une seule fois (Matthey 1964; Fredga 1970). Notons que même si des différences dans la morphologie de ce trivalent sexuel devaient être observées, elles pourraient aussi s'expliquer par des réarrangements secondaires plutôt que par des formations indépendantes.

Nous proposons de ne retenir dans le groupe *araneus-arcticus* que les *Sorex* présentant ce complexe sexuel $X\text{-}Y_1Y_2$. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous devons déjà en exclure deux espèces: *S. unguiculatus* Dobson doté d'un 2N égal à 42 avec un NF de 62 (Takagi et Fujimaki 1966) et *S. vir* Allen (= *S. roboratus* Hollister selon Youdin 1971) caractérisé par le même 2N avec un NF de 70 (Orlov et Koslovsky 1971). Du point de vue cytologique, ces deux espèces doivent être rapprochées de *S. isodon* Turov (2N = 42, NF = 68, Halkka et al. 1970; Koslovsky et Orlov 1971), de *S. shinto saevus* Thomas (2N = 42, NF = 62, Takagi et Fujimaki 1966) et de *S. caecutiens* Laxmann (2N = 42, NF = 68, Skaren et Halkka 1966; Fredga 1968).

En nous référant à l'hypothèse d'Hoffmann et Peterson (1967) sur l'évolution des Soricidés du groupe *araneus-arcticus,* nous admettons que le trivalent sexuel est apparu dans une souche primitive localisée en Asie avant les glaciations pléistocènes. Elle aurait alors envahi l'ensemble de la zone holoarctique au cours de la glaciation de Mindel, se diversifiant ensuite en *S. arcticus* en Amérique du Nord et en *S. araneus* en Eurasie lors de l'isolement subséquent. Au cours du Riss, des populations américaines auraient regagné la région sibérienne. Certains de ces *S. arcticus* auraient finalement été isolés au cours du Würm dans la région de Behring alors couverte de toundra, fournissant ensuite *S. a. tundrensis* en Alaska et *S. a. borealis* en Sibérie.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

C'est probablement à la même époque, soit au cours de cette dernière glaciation, qu'en Europe se sont séparées les formes A et B de *S. araneus* (MEYLAN 1965). Nous pouvons ajouter que l'origine des groupes à fusions centriques différentes mis en évidence chez le type B pourraient aussi résulter d'isolements secondaires au cours de la même période.

Du point de vue chromosomique, nous pouvons considérer que les formes primitives de *Sorex,* dépourvues de trivalent sexuel, devaient être caractérisées par 42 éléments, nombre qui se retrouve encore chez de nombreuses espèces de ce genre (voir ci-dessus). Deux hypothèses peuvent alors être avancées: la première implique une forme ancestrale dotée de 42 chromosomes dont de nombreux métacentriques, d'où un NF élevé, la seconde, un type primitif à 42 chromosomes acrocentriques. Pour les deux cas envisagés, la première étape évolutive consiste en la formation du trivalent sexuel.

Dans la première éventualité, les *«arcticus»* russes de type D présenteraient un caryotype relativement primitif comparé à ceux des *Sorex* de types A, B et C. Les étroites analogies relevées entre A, B et C seraient alors le résultat d'une évolution convergente due à des inversions péricentriques suivies d'un plus ou moins grand nombre de fusions centriques. Cette évolution symétrique impliquerait, soit une transformation du caryotype C postérieure à la réinstallation de formes américaines en Sibérie, soit la persistance d'un stock primitif en Asie centrale.

Cette proposition soulève plusieurs critiques. Tout d'abord, nous devons relever que les caryotypes des formes D sont très éloignés de ceux des *Sorex* à 2N = 42 mentionnés dans ce travail qui ont conservé des formules chromosomiques très voisines entre elles. Ces faits, ainsi que la présence d'inversions péricentriques chez les formes D actuelles, font douter de la valeur de cette hypothèse. D'autre part, les phénomènes d'évolution convergente dans des populations aussi éloignées géographiquement que A—B et C sont peu plausibles. Enfin, la persistance d'un stock primitif en Asie centrale n'est pas retenue dans le schéma évolutif proposé par HOFFMANN et PETERSON (1967).

Dans la seconde hypothèse, la population originelle à trivalent sexuel aurait présenté un caryotype très voisin de ceux des formes actuelles B à 2N élevé et C. La forme D, que l'on trouve aujourd'hui en contact avec le type B, aurait divergé principalement par des inversions péricentriques, transformant des acrocentriques en méta- ou submétacentriques. Parallèlement, des fusions centriques auraient eu lieu chez *S. araneus,* le phénomène étant de nos jours complet et stabilisé chez A alors qu'il est en cours de réalisation chez B. Le type C, isolé en Amérique du Nord, aurait conservé à peu de chose près le caryotype originel. Cette seconde hypothèse présente sur la première l'avantage de ne pas impliquer une évolution parallèle aux deux extrémités de l'aire de distribution du groupe *araneus-arcticus,* alors que les populations centrales conserveraient un caryotype plus stable. Toutefois, elle ne pourra être confirmée et développée qu'après l'étude chromosomique des formes de la toundra, réparties de part et d'autre du détroit de Behring, et par un plus riche matériel de Sibérie et d'Amérique du Nord.

D'une manière générale, nous ne possédons des données importantes que sur la distribution des formes européennes A et B. Contrairement au type B polymorphe, le type A, qui doit être issu d'une petite population isolée au cours de la glaciation würmienne dans le secteur sud-ouest de l'Europe, semble avoir conquis lentement du terrain vers le nord-est, arrivant en tout cas au bord de la Manche après rupture de l'isthme de Douvres, mais avant la séparation des îles anglo-normandes. Sa répartition actuelle en Suisse (Fig. 7) confirme cette hypothèse d'une progression récente, dépendante du climat, et donc marquée de flux et de reflux. En effet, alors que le type B se rencontre partout en altitude, et notamment sur les hauts sommets du Jura plissé et dans les Alpes, la forme A occupe la majeur partie du Plateau et la partie basse des vallées alpines.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Nous avons vu au cours de ce travail que les divers auteurs distinguent dans le groupe *araneus-arcticus* tel que nous l'avons défini de 2 à 5 espèces. Pour l'instant, il nous semble pour le moins hasardeux et prématuré d'attribuer un statut spécifique précis aux divers types analysés. En effet, aucune étude suffisante n'a encore été poursuivie sur les limites spécifiques, les barrières à la reproduction croisée et l'hybridation expérimentale de ces formes. De plus, les caractères morphologiques utilisés pour leur détermination sont parfois sujets à caution, dépendant souvent plus de conditions locales du milieu que de constantes spécifiques. Ainsi, par exemple, les critères proposés par Ott (1968) et Ott et Olert (1970) pour séparer les types A et B ne sont utilisables que dans une région limitée. Seule une étude étendue à l'ensemble de l'aire de distribution de ces formes permettra de nous apporter de nouvelles indications sur des différences déterminantes qui ne soient pas cytologiques. Il sera alors possible de rapporter le type A non pas à *S. gemellus* Ott, 1968, mais à *S. coronatus* Millet, 1828, qui a été décrit de Blou (Maine et Loire, France), en plein coeur de l'aire de répartition de cette forme et que Miller (1912), comme Ellerman et Morrison-Scott (1951), mettent en synonymie avec *S. araneus* L., 1758.

En attendant les résultats de nouvelles recherches, qui seules nous montreront si le groupe *araneus-arcticus* correspond à un sous-genre ou à une super-espèce et quel statut donner aux divers types qui le composent, nous suggérons de maintenir une dénomination provisoire par lettres en relation directe avec les caryotypes. Celle-ci sera remplacée progressivement par une nomenclature classique au fur et à mesure de la résolution des divers problèmes. Il faudra cependant toujours garder à l'esprit que ce groupe est en pleine évolution, comme nous le montrent les divers caryotypes de la forme B, et qu'une taxonomie trop rigide n'a que peu de chance d'être le reflet fidèle de la dynamique de cette diversification.

Résumé

Dans ce travail, quatre caryotypes connus de *Sorex* du groupe *araneus-arcticus* sont examinés, soit ceux de *S. araneus* type A *(S. gemellus), S. araneus* type B, *S. arcticus* d'Amérique du Nord considéré comme type C et les formes *«arcticus»* de Sibérie réunies dans le type D *(S. sibiriensis* et *S. irkutensis).*

1. Des mensurations des chromosomes relevées dans plusieurs populations du type B, caractérisé par un polymorphisme robertsonien, montrent un arrangement différent des bras autosomiques. L'évolution de ces caryotypes est donc fondée sur des fusions centriques. Une inversion péricentrique a également été mise en évidence.
2. La formule chromosomique de *S. arcticus* C est décrite. Le 2Na de cette espèce est égal à 26 avec un NFa de 34 et un trivalent sexuel identique à celui des deux types de *S. araneus.*
3. Les caryotypes des quatre formes considérées sont comparés. Ils montrent un trivalent sexuel analogue. Les bras autosomiques des types A, B et C sont étroitement apparentés, correspondant eux-mêmes aux élements méta-ou submétacentriques de D. Si ce sont surtout des fusions centriques différentes qui permettent de relier les types A, B et C, la forme D diverge essentiellement par des inversions péricentriques.
4. Il est proposé de limiter le groupe *araneus-arcticus* aux *Sorex* présentant un trivalent sexuel $X\text{-}Y_1Y_2$. Un schéma évolutif des caryotypes du groupe ainsi défini est proposé en relation avec l'hypothèse de Hoffmann et Peterson (1967). Dans l'attente d nouvelles données sur les relations phylétiques des représentants de ce groupe, il est suggéré de leur conserver une dénomination provisoire par des lettres.

Zusammenfassung

Die Chromosomen der Sorex-Gruppe araneus-arcticus

In der vorliegenden Arbeit werden vier Karyotypen, welche von *Sorex* aus der Gruppe *araneus-arcticus* bekannt sind, untersucht. Es sind dies diejenigen von *S. araneus* Typus A *(S. gemellus), S. araneus* Typus B, *S. arcticus* aus Nordamerika, welcher als Typus C ange-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

sehen wird, und die Formen „*arcticus*" aus Sibirien, welche im Typus D vereint sind *(S. sibiriensis* und *S. irkutensis).*

1. Chromosomenmessungen aus mehreren Populationen des Typus B, welcher durch einen Robertsonschen Polymorphismus charakterisiert ist, zeigen eine unterschiedliche Anordnung der autosomalen Arme. Die Entwicklung dieser Karyotypen stützt sich demnach auf zentrische Fusionen. Eine perizentrische Inversion konnte ebenfalls nachgewiesen werden.
2. Die Chromosomenformel von *S. arcticus* wird beschrieben. 2Na dieser Art beträgt 26 mit NFa 34. Sie weist ein Geschlechtstrivalent auf, welches mit dem der beiden Typen von *S. araneus* identisch ist.
3. Die Karyotypen der vier untersuchten Formen werden verglichen. Sie zeigen ein analoges Geschlechtstrivalent. Die autosomalen Arme der Typen A, B und C sind miteinander nahe verwandt und stimmen mit meta- und submetazentrischen Elementen von D überein. Während die Typen A, B und C hauptsächlich mit Hilfe verschiedener zentrischer Fusionen in Beziehung gebracht werden können, divergiert die Form D vor allem wegen perizentrischer Inversionen.
4. Es wird vorgeschlagen, die Gruppe *araneus-arcticus* auf diejenigen *Sorex* einzuschränken, welche ein Geschlechtstrivalent $X\text{-}Y_1Y_2$ aufweisen. Ein Evolutionsschema der auf diese Art definierten Gruppe wird in Beziehung mit der Hypothese von Hoffmann und Peterson (1967) vorgeschlagen. Es wird nahegelegt, für die Vertreter dieser Gruppe eine provisorische Bezeichnung mit Buchstaben beizubehalten, bis neue Unterlagen über ihre phyletischen Beziehungen vorliegen.

Summary

Chromosomes of Sorex group araneus-arcticus

Four known karyotypes of Sorex group araneus-arcticus are examined in this work, i. e. *S. araneus* type A *(S. gemellus), S. araneus* type B, *S. arcticus* from North America, considered as type C, and the "*arcticus*" forms from Siberia amalgamated in type D *(S. sibiriensis* and *S. irkutensis).*

1. Measurements of chromosomes taken in several populations of type B, which ist characterized by a Robertsonian polymorphism, show a different arrangement of the autosome arms. Consequently, the evolution of these karyotypes is based on centric fusions. A pericentric inversion has also been discovered.
2. The chromosome complement of *S. arcticus* C is described. The 2Na of this species is 26 with a NFa of 34, and the same sex trivalent is present as in the two types of *S. araneus.*
3. Karyotypes of the four considered forms are compared. They show the same sex trivalent. The autosome arms of types A, B, and C are closely related, corresponding to the meta- or submetacentric elements of D. If Types A, B and C are related mainly through centric fusions, form D diverges by pericentric inversions.
4. It is proposed to limit the group *araneus-arcticus* to the *Sorex* showing a sex trivalent $X\text{-}Y_1Y_2$. An evolutionary scheme of the karyotypes of the group thus definited is proposed in connection with the hypothesis of Hoffmann and Peterson (1967). Until new data become available on the phyletic relations of the representatives of this group, it is suggested that a provisional denomination with letters be kept.

Bibliographie

Bovey, R. (1949): Les chromosomes des Chiroptères et des Insectivores. Rev. suisse Zool. **56**, 371—460.

Brink, F. H. van den (1967): Guide des Mammifères sauvages de l'Europe occidentale. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé.

Ellermann, J. R.; Morrison-Scott, T. C. S. (1971): Checklist of Palaearctic and Indian Mammals 1758 to 1946. London: British Museum.

Ford, C. E. (1964): Selection pressure in mammalian cell populations. In: Harris, R. J. C. (Ed.), Cytogenetics of Cells in Culture. Symp. Int. Soc. Cell Biol. **3**, 27—45. New York and London: Academic Press.

Ford, C. E.; Hamerton, J. L. (1970): Chromosome polymorphism in the common shrew, *Sorex araneus.* In: Berry ,R. J.; Southern, H. N. (Ed.): Variation in mammalian populations. Symp. zool. Soc. Lond. **26**, 223—236. New Jork and London: Academic Press.

Ford, C. E.; Hamerton, J. L.; Sharman, G. B. (1957): Chromosome polymorphism in the common shrew. Nature **180**, 392—393.

Fredga, K. (1968): Chromosomes of the masked shrew *(Sorex caecutiens* Laxmann). Hereditas **60**, 269—271.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

— (1970): Unusual sex chromosome inheritance in mammals. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. **259**, 15—36.

Gropp, A.; Olert, J.; Maurizio, R. (1971): Robertsonian chromosomal polymorphism in the mouse *(M. musculus domesticus)*. Experientia **27**, 1226—1227.

Halkka, O.; Skaren, U.; Halkka, L. (1970): The karyotypes of *Sorex isodon* Turov and *S. minutissimus* Zimm. Ann. Acad. Sci. fenn. A, Biologica **161**, 1—5.

Hall, E. R.; Kelson, K. R. (1959): The mammals of North America. **1**, New York: Ronald Press Co.

Hoffmann, R. S. (1971): Relationships of certain Holarctic shrews, genus *Sorex*. Z. Säugetierkunde **36**, 193—200.

Hoffmann, R. S.; Peterson, R. S. (1967): Systematics in zoogeography of *Sorex* in the Bering strait area. Syst. Zool. **16**, 127—136.

Koslovsky, A. I. (1969): Chromosome polymorphism in the common shrew, *Sorex araneus* L. from the Irkutsk vicinities. In: Vorontsov, N. N. (Ed.): The mammals (evolution, karyology, taxonomy, fauna), 10—11. Acad. Sc. USSR, Novosibirsk (en russe, résumé anglais).

— (1970): Chromosome polymorphism in Eastern-Siberian populations of the common shrew *Sorex araneus* L. Cytologia (Leningrad) **12**, 1459—1464 (en russe, résumé anglais).

— (1971): Karyotypes and systematics of some populations of shrews usually classed with *Sorex arcticus* (insectivora, Soricidae). Zool. Zh. (Moscou) **50**, 756—762 (en russe résumé anglais).

Koslovsky, A. I.; Orlov, V. N. (1971): Caryological evidence for species independance of *Sorex isodon* Turov (Soricidae, Insectivora). Zool. Zh. (Moscou) **50**, 1056—1062 (en russe, résumé anglais).

Matthey, R. (1969): Les chromosomes et l'évolution chromosomique des Mammifères. In: Grassé, P. P.: Traité de Zoologie, **16**, Fasc. 6, 855—909, 999—1004. Paris: Masson.

Meylan, A. (1964): Le polymorphisme chromosomique de *Sorex araneus* L. (Mamm. — Insectivora). Rev. suisse Zool. **71**, 903—983.

— (1965): Répartition géographique des races chromosomiques de *Sorex araneus* L. en Europe (Mamm. — Insectivora). Rev. suisse Zool. **72**, 636—646.

— (1967): Formules chromosomiques et polymorphisme robertsonien chez *Blarina brevicauda* (Say) (Mammalia: Insectivora). Can. J. Zool. **45**, 1119—1127.

— (1968): Formules chromosomiques de quelques petits mammifères nord-américains. Rev. suisse Zool. **75**, 691—696.

Miller, G. S. (1912): Catalogue of the mammals of Western Europe (Europe exclusive of Russia). London: British Museum.

Orlov, V. N.; Alenin, V. P. (1968): Karyotypes of some species of shrews of the genus *Sorex* (Insectivora, Soricidae). Zool. Zh. (Moscou) **47**, 1071—1074 (en russe, résumé anglais).

Orlov, V. N.; Koslovsky, A. I. (1969): The chromosome complements of two geographically distant populations and their position in the general system of chromosomal polymorphism in the common shrew, *Sorex araneus* L. (Soricidae, Insectivora, Mammalia). Cytologia (Leningrad) **11**, 1129—1136 (en russe, résumé anglais).

— (1971): Revue des formules chromosomiques des musaraignes du genre *Sorex*. Vestn. Mosk. Univ. **2**, 12—16 (en russe).

Ott, J. (1968): Nachweis natürlicher reproduktiver Isolation zwischen *Sorex gemellus* sp. n. und *Sorex araneus* Linnaeus, 1758 in der Schweiz. (Mammalia, Insectivora). Rev. suisse Zool. **75**, 53—75.

Ott, J.; Olert, J. (1970): Färbungsunterschiede zwischen *Sorex araneus* Linnaeus, 1758 und *Sorex gemellus* Ott, 1968 (Mammalia, Insectivora). Rev. suisse Zool. **77**, 283—291.

Sharman, G. B. (1956): Chromosomes of the common shrew. Nature **177**, 941—942.

Skaren, U.; Halkka, O. (1966): The karyotype of *Sorex caecutiens* Laxmann. Hereditas **54**, 376—378.

Takagi, N.; Fujimaki, Y. (1966): Chromosomes of *Sorex shinto saevus* Thomas and *Sorex unguiculatus* Dobson. Japan. J. Genetics **41**, 109—113.

Tettenborn, U.; Gropp, A. (1970): Meiotic nondisjunction in mice and mouse hybrids. Cytogenetics **9**, 272—283.

Youdin, B. S. (1971): Insectivorous mammals of Siberia (key). Novosibirsk: Nauka.

Adresse des auteurs: Dr. A. Meylan et J. Hausser, Service de Zoologie des Vertébrés, Station fédérale de Recherches agronomiques, CH - 1260 Nyon

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mammalian Biology (früher Zeitschrift für Säugetierkunde)

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: 38

Autor(en)/Author(s): Meylan A., Hausser J.

Artikel/Article: Les chromosomes des Sorex du groupe araneus-arcticus (Mammalia, Insectivora) 143-158