Sur des croisements de races géographiques de Lépidoptères de pays très éloignés

Autor(en): **Pictet, Arnold**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society**

Band (Jahr): **16 (1934-1936)**

Heft 11

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-400852

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sur des croisements de races géographiques de Lépidoptères de pays très éloignés.

Par Dr Arnold Pictet (Genève).

Recherches de zoogéographie expérimentale.

La constitution génotypique des races en mélange dans une station commune est le facteur primordial de la création de nouvelles génovariations dans le cadre spécifique et de la formation de nouvelles populations. Les phénomènes de l'ambiance interviennent seulement comme agents de contrôle (agents de limitation) de la génétique de ces populations.

Certes, il n'est pas douteux que l'action d'un phénomène extérieur, climat ou autre, puisse parfois créer certaines aberrations au sein d'une population, dont le taux de variabilité se trouvera ainsi élevé d'une ou deux unités. Mais, ces aberrations étant des somations, n'étant par conséquent pas héréditaires, ne persistent pas au cours des générations; ce sont des unités accidentelles, temporaires, inconstantes, dont la présence, tout à fait fortuite, ne modifie pas la tenue permanente de la population.

Tandis que l'augmentation réelle du taux de variabilité de l'espèce dépend de la constitution génotypique des races se rencontrant. Il est essentiel que celles-ci soient de constitutions chromosomiques pouvant se combiner pour que le mélange crée, dans la descendance, de nouvelles formes héréditaires. Bien entendu, les conditions extérieures peuvent intervenir comme agent de sélection.

La variabilité intraspécifique héréditaire dépend donc essentiellement des possibilités qu'ont les races (génovariations) de se rencontrer; c'est-à-dire qu'elle est uniquement fonction de la zoogéographie.

Ce sont ces phénomènes de mélange de races en rapport avec leur distribution géographique que nous nous sommes appliqué à étudier depuis plusieurs années par des recherches expérimentales avec des Lépidoptères. Notre méthode a consisté à croiser diverses races prises dans des localités différentes:

I. Stations voisines communiquant librement.
II. Stations voisines séparées topographiquement, mais dont les habitants peuvent communiquer dans certaines conditions particulières.
III. Stations éloignées, sans aucune communication possible.

Les rapprochements, impossibles à l'état naturel, nous les avons réalisés en laboratoire; ces recherches nous renseignent alors sur les conditions qui sont nécessaires pour la formation de populations. Ce sont des recherches de zoogéographie expérimentale, c'est-à-dire la zoogéographie analysée en laboratoire.

Dans leur répartition géographique, les espèces et leurs races se localisent pour former des populations. Les races de l'une d'elles peuvent parfois émigrer dans l'habitat d'une autre population. Dans les cas de grandes séparations géographiques (continent, îles, etc.) les populations sont, respectivement, indépendantes les unes des autres et ont tendance à rester stables en raison de leur séparation des autres populations ou de l'espèce elle-même. L'isolement est le facteur de leur stabilisation.

Exemple: *Lasiocampa quercus* L. et ses races *sicula* Stgr. de Sicile, *callunae* Pal. d'Ecosse, *catalaunica* Stgr. d'Espagne, etc., qui constituent des unités immuables parce que ne pouvant s'unir qu'entre elles. L'élevage de ces races pendant plusieurs générations a d'ailleurs démontré leur constance.

Mais, dans les cas de séparation plus rapprochée (un pays de plaine, une vallée, un même plateau, etc.) les deux conditions peuvent se présenter: isolement et possibilité de rencontre; cela dépend des conditions locales de terrain et surtout des conditions de différence d'altitude.

Exemple: *Lasiocampa quercus* L. type de plaine et ses deux races alpines. *Lasiocampa quercus* se rencontre en Suisse avec deux races alpines, l'une de moyenne altitude, non nommée, que nous avons figurée et appelée «A»[1] et l'autre, *alpina* Frey, assez différente, qui vole aux altitudes supérieures. Dans la région de Genève et de la Haute-Savoie, ces trois races habitent des localités très rapprochées, à 30—50 kilomètres les unes des autres. *Quercus* et la race «A» peuvent facilement se rejoindre et former un hybride naturel, que nous avons du reste repéré et élevé. «A» peut rejoindre *alpina*, mais *quercus* ne le peut pas, bien que la distance ne soit pas plus grande, parce que celle-ci est coupée d'une chaine élevée.

Ainsi, dans une région de faible étendue des populations peuvent être isolées complètement de leurs voisines.

Des exemples frappants d'isolement géographique complet dans des régions extrêmement rapprochées se rencontrent dans les Alpes; un type remarquable en est les vallées fermées en cul-de-sac, que nous avons particulièrement étudiées au Parc National. Ces vallées sont fermées sur trois côtés par de hauts sommets reliés par des arêtes rocheuses à 2600—2800 m., qui sont des barrages que fort peu de lépidoptères peuvent franchir. A leur base, ces vallées sont fermées par une épaisse forêt, pouvant atteindre deux kilomètres de profondeur, obstacle également infranchissable pour la plupart des papillons. Elles se composent de divers étages successifs, une prairie de base, des mammelons rocailleux à végétation aride,

---

[1] A. PICTET. — Recherches de génétique dans des croisements de *Lasiocampa quercus* L. et de ses races *alpina* d'altitudes moyenne et supérieure. Bul. soc. lépid. Genève, 140—165, 1931.

une cuvette de fond, puis les arêtes de fermeture. Chacun de ces étages constitue un emplacement propice à la localisation de diverses populations, lesquelles, en raison de leur isolement, sont constantes. Le passage d'un génotype d'une vallée dans l'autre devient alors difficile.

Un autre type de séparation à faible distance est encore réalisé par la présence d'une profonde vallée. Une vallée constitue un barrage d'altitude tout autant que des arêtes en raison de la limitation du vol des lépidoptères. Dans les Alpes de la rive gauche de la vallée de l'Inn, à 1800 m., on rencontre la race *Maniola pitho* Hb.; à la même altitude sur le versant de la rive droite vit le type, *Maniola pronoe* Esp. La distance entre les deux versants est d'environ 40 kilomètres et la vallée de l'Inn est un obstacle infranchissable vu sa trop faible altitude.

Bien entendu, le résultat saillant de la pénétration d'une race dans une station où l'espèce est représentée par une autre race sera d'augmenter le taux de variabilité héréditaire de la population qui reçoit la race immigrée et d'en faire une population hybridée. Si la population hôte n'est composée que d'un seul génotype, c'est-à-dire si elle est monomorphe et qu'elle reçoive une race homozygote (*Maniola nerine* Frr. et sa race *reichlini* H. Schäf.) elle devient dimorphe. Elle deviendra tétramorphe si la race immigrée est dihétérozygote. (*Argynnis pales* Schiff. recevant *Argynnis napaea* Hbn.; la réunion de ces deux races ayant produit deux génotypes nouveaux, *arsilache* Esp. et *mediofasciata* Schul.).

Le polymorphisme de la population est donc dépendant de l'immigration.

Toutefois, la race immigrée et ses génotypes nouveaux se trouvent dans une nouvelle station qui peut être de nature à permettre leur adaptation facile, mais qui, par contre, peut fort bien présenter des éléments (climat, altitude, flore, terrain, etc) inhabituels aux conditions vitales de la race immigrée. Cela entraine le besoin d'adaptation, en sorte que, d'une façon générale, la migration peut se traduire par une sélection qui fait déjà sentir ses effets à la génération qui suit la migration, c'est-à-dire la génération hybride. Le besoin d'adaptation est donc le facteur qui réglemente la possibilité de création de nouvelles formes dans le cadre spécifique.

Les mélanges de races et les degrés de fertilité et de vitalité de leurs descendants.

Toutefois, à côté de la sélection adaptative, un phénomène joue un rôle beaucoup plus important comme régulateur de la formation de populations mélangées par immigration de races. C'est celui des degrés de fertilité et de

vitalité des descendants des croisements qui s'opèrent entre la race immigrée et la race hôte. Tout l'essentiel est là: peu importe en effet qu'une population mixte se forme par immigration, si les produits résultant de ces croisements n'ont ni le taux de fertilité, ni celui de vitalité nécessaires pour perpétuer la population nouvelle. C'est pourquoi cette question, vitale au premier chef, doit être considérée avec soin.

Les expériences dont l'énoncé va suivre et que nous avons pratiquées dans ce but, ont consisté à rapprocher en laboratoire des races de lépidoptères prises dans des localités fort diverses, éloignées les unes des autres, ou pouvant communiquer naturellement. Voici la définition et la situation géographique de ces localités:

Nemeophila plantaginis L.

Ce Papillon est très répandu dans les Alpes et le Jura suisse, où il est représenté par des races constantes et bien différenciées. Nous avons déterminé la constitution génétique de ces races dans six localités différentes:

I. La Faucille (Jura gessien), alt. 1250 m.
II. Les Pitons (Mont Salève), alt. 1300 m.
III. Jöriflesspass (massif de la Fluela, versant rive gauche de la vallée de l'Inn), alt. 2400 m.
IV. Parc National Suisse (versant rive droite de la vallée de l'Inn), alt. 1900—2200 m.
V. Cierfs (Vallée de Münster, versant méridional des Grisons), alt. 1700 m.
VI. Hautes altitudes du Parc National Suisse, alt. 2500 à 2700 m.

I est séparé de II par la plaine genevoise, environ 40 kilomètres où l'espèce n'existe pas: = communication impossible.

I et II sont séparés de III, IV, V et VI par toute la plaine et le plateau suisses et par les Alpes; distance 350—400 kilomètres = communication impossible.

III est séparé de IV, V et VI, qui sont des stations alpines de hautes altitudes, par la vallée de l'Inn. Cette vallée coule dans cette région à 1400 m. d'altitude, donc barrage d'altitude en profondeur: distance environ une cinquantaine de kilomètres. Ces conditions de séparation rendent très problématiques les possibilités de réunion.

Entre IV (altitude moyenne 2000 m.) et V (1700 m.) la distance à vol d'oiseau est d'environ 30 kilomètres; mais ces deux localités sont séparées par un barrage d'altitude à 2200 m. que les individus de V ne peuvent franchir. La liaison entre IV et V se fait par l'intermédiaire d'un hybride.

Les croisements ont été pratiqués entre des individus pris dans deux localités différentes, et comme témoins, entre des individus de même localité. Le tableau 1 marque les degrés de fertilité

dans chaque croisement par le calcul du nombre d'œufs (fécondés et non fécondés) et le tableau 2 indique les degrés de vitalité par le nombre de Papillons éclos. Les élevages ont tous eu lieu dans la même ambiance de laboratoire. Les diverses races sont désignées par le numéro d'ordre de leur localité.

Tableau 1. Degrés de fertilité de N. plantaginis

Croisements de races de mêmes stations			Croisements de races de stations éloignées		
Races croisées	Nombre d'oeufs (moyennes)	Proportion d'oeufs non fécondés	Races croisées	Nombre d'oeufs (moyennes)	Proportion d'oeufs non-fécondés
I×I	327	0.92 %	I×III	219	58,47 %
II×II	379	1.32 %	I×IV	92	100 %
III×III	—	—	III×IV	318	0.93 %
IV×IV	365	1.90 %	IV×V	321	33 %
V×V	294	1.70 %	—	—	—

Tableau 2. Degrés de vitalité de N. plantaginis.

Croisements de races de mêmes stations			Croisements de races de stations éloignées		
Races croisées	Survie á l'état de Papillons	Proportion sexuelle ♂ ♀	Races croisées	Survie à l'ètat de Papillons	Proportion sexuelle ♂ ♀
I×I	52.33 %	1 pour 1.10	I×III	2.72 %	100 %
II×II	63.98 %	1 „ 1.02	I×III	○	—
III×III	51.02 %	1 „ 1	I×IV	○	—
IV×IV	69.23 %	1 „ 0.80	III×IV (1)	2.55 %	1 pour 2,2
V×V	74 89 %	1 „ 1.10	III×IV (2)	1.12 %	1 pour 2,2
			III×IV (3)	○	—
			IV×IV hétéro.	31.95 %	1 pour 1,3
			IV×V	36.45 %	1 pour 2,2

Un premier examen de ces chiffres montre nettement l'abaissement considérable du taux de fertilité et de vitalité dans les corisements de races dont les stations sont éloignées (2me colonne) comparativement aux croisements d'individus de mêmes stations (1ère colonne). Nous verrons plus loin les conséquences à tirer de ces résultats du point de vue de la variabilité de l'espèce par mélanges de races.

Lasiocampa quercus L. (Races de plaine.)

Nous avons utilisé pour les recherches avec les races de cette espèce:

VII. *Lasiocampa quercus* type, de plaine, Europe centrale.
VIII. Race *spartii* Hbn, plaines de la France septentrionale et de l'Allmagne.
IX. Race *sicula* Stgr Sicile.
X. Race *callunae* Palm Ecosse.

Entre les races des localités VII et VIII, la réunion est relativement possible. Entre les races des localités VII, VIII et IX et X, la réunion est absolument impossible.

Nous avons rapproché en laboratoire les individus de ces diverses races et les avons croisés de la façon suivante: *quercus* × *quercus*, *spartii* × *spartii*, *callunae* × *callunae*, *sicula* × *sicula*, *spartii* × *quercus*, *callunae* × *spartii*, *sicula* × *spartii*. Nous avons déterminé les degrés de fertilité et de vitalité résultant de chacun de ces croisements par la production du nombre d'œufs, la survie larvaire et la survie à l'état de Papillons:

Tableau 3. Degrés de fertilité et de vitalité de Lasiocampa quercus L.

Croisements de races de mêmes localités (moyennes)					Croisements de races de localités dont la réunion est impossible (moyennes)				
Races croisées	oeufs	Survie larvaire en %	Survie à l'état de papillons en %	Proportion sexuelle ♂ ♀	Races croisées	oeufs	Survie larvaire en %	Survie à l'état de papillons en %	Proportion sexuelle ♂ ♀
quercus × quercus	201	70.52	56.25	1 pour 1,04	callunae × spartii a	143	5.59	○	—
spartii × spartii	211	80.43	55.18	1 „ 1,07	do. b	163	3.06	1.84	2 pour 1
callunae × callunae	152	83.96	72.91	1 „ 1,02	sicula × spartii	122	4.09	1.63	1 „ 1
sicula × sicula	170	64.70	62.94	1 „ 1,11					
spartii × quercus	129	86.12	64.31	1 „ 0,83					

Avec *Lasiocampa quercus*, les résultats sont les mêmes que pour *Nemeophila plantaginis:* diminution considérable des degrés de fertilité et de vitalité dans les croisements de races de localités ne pouvant pas communiquer.

Lasiocampa quercus L. (Races alpines.)

Il existe en Suisse deux races alpines de *Lasiocampa quercus*: une de moyenne altitude, que nous avons nommée «A», et une d'altitude supérieure, *alpina* Frey. La répartition géographique

entre le type et ses races est purement verticale: *quercus*, 300 à 800 m., «A», 800—1200 m., *alpina*, 1200—1800 m. Donc une faible distance verticale les sépare. Toutefois la différence d'altitude de leurs habitats régit leur séparation. Il ne faut pas oublier qu'entre une station du type à 600 m., une autre de la race «A» à 1200 m. et une autre d'*alpina* vers 1800 m., la distance horizontale qui les sépare peut offrir certains obstacles à leur rencontre (vallées, montagnes, barrages d'altitude, glaciers, etc.).

Nous avons croisé en laboratoire *quercus* × «A», «A» × *alpina* et *quercus* × *alpina*. La race «A» provenait des Voirons (Haute-Savoie), la race *alpina* de la vallée de l'Inn et le type des environs de Genève. Dans le reste de la Suisse les localisations des trois races sont de même nature. On peut donc admettre que:

entre les localités de *quercus* et de «A», la communication est possible. Elle a été d'ailleurs constatée par nous aux Voirons, où la race «A» est hétérozygote, portant les fracteurs d'hérédité de *quercus*,

entre les localités de «A» et d'*alpina*, la communication est plutôt difficilement réalisable,

entre les localités de *quercus* et d'*alpina*, la communication est impossible.

Voici les chiffres résultant de ces croisements:

Tableau 4. Degrés de fertilité et de vitalité dans la descendance des croisements de Lasiocampa quercus et de ses races alpines

Croisements	oeufs (moyennes)	Survie larvaire en %	Survie à l'état de papillon en %	Proportion sexuelle ♂ ♀
Communication facile.				
quercus × quercus	285	70.52	62.71	1 pour 1.07
quercus × „A“ F_1	192	93.75	79.16	1 „ 1.02
quercus × „A“ F_2	257	78.21	76.26	1 „ 1.08
Communication difficile.				
„A“ × alpina F_1	180	72.22	24.40	1 „ 0.91
„A“ × alpina F_2	90	42.93	12.16	1 „ 2.33
Communication impossible				
quercus × alpina: Ier essai	151	39.40	○	—
quercus × alpina: 3 autres essais	147	52.36	○	—

Les résultats de ces expériences amènent aux mêmes conclusions que celles énoncées jusqu'à maintenant:

On ne constate aucune diminution des degrés de fertilité et de vitalité dans les croisements de *quercus* et de *quercus* × «A», dont la rencontre est possible par les voies naturelles. Le taux de vitalité de l'hybride est même supérieur. Pour ce qui est des croisements «A» × *alpina*, dont les possibilités de rencontre sont évidemment fort difficiles, on remarque une forte diminution de la fertilité et de la survie; malgré cela les produits sont viables, une seconde génération a, en effet, été obtenue. Quant aux unions entre *quercus* et *alpina*, dont la rencontre est totalement impossible par les voies naturelles, on voit que, si la fertilité est relativement élevée, en revanche la vitalité larvaire diminue passablement et la survie à l'état de Papillon devient absolument nulle.

On aura remarqué que la proportion sexuelle dévie de la normale dans tous les cas de croisements de races dont les habitants ne peuvent communiquer librement, ou ne le peuvent qu'avec difficulté. Dans ces cas le nombre des femelles a tendance à augmenter dans une assez forte proportion, jusqu'à 1 ♂ : 2,33 ♀, et même, dans certains cas, jusqu'à l'absence complète de mâles.

En outre, un autre phénomène intervient dans les croisements de races éloignées. C'est celui de certaines irrégularités qui apparaissent dans les divres stades de développement larvaire et nymphal et qui amènent les mâles à éclore souvent bien avant les femelles, en sorte que les possibilités d'union en sont, de ce fait, rendues difficiles, souvent impossibles.

Conclusions.

Les conditions de variabilité de l'espèce par mélanges de races.

Nous nous sommes appliqué à rapprocher en laboratoire des races de Lépidoptères de localités diverses, les unes ne pouvant absolument pas communiquer par les voies naturelles, les autres pouvant communiquer plus ou moins facilement, d'autres encore pouvant communiquer librement et nous avons remarqué qu'il existe une grande différence dans les degrés de fertilité et de vitalité dans les croisements entre ces races, suivant le degré d'éloignement de leurs localités.

Nous pouvons résumer comme suit les résultats de ces recherches: Les individus appartenant à une même station ou à deux stations pouvant librement communiquer, et unis en laboratoire, (première colonne des tableaux 1, 2 et 3, communication facile du tableau 4) ont une descendance normale sous le rapport de la fertilité et de la vitalité qui se manifeste par une ponte élevée, une faible proportion d'œufs non fécondés et un taux élevé de survie, c'est-

à-dire que ce sont les meilleures conditions pour la formation de nouvelles populations et la création de nouvelles génovariations dans le cadre spécifique.

Tandis que les individus qui appartiennent à des stations entre lesquelles toute communication est absolument impossible (deuxième colonne des tableaux 1, 2 et 3, communication impossible du tableau 4), une fois qu'ils sont croisés en laboratoire, ont une descendance qui témoigne que ces croisements sont extrêmement peu fertiles, voire inféconds et que le degré de survie des descendants est très faible, voire nul, c'est-à-dire que ce sont des conditions s'opposant à toute procréation de populations nouvelles.

Entre ces deux extrêmes, nous avons croisé les individus de races dont les habitats, sans être absolument séparés, présentent entre eux de faibles possibilités de communication (tableau 2, *Nemeophila plantaginis* IV×IV, IV×V, tableau 3, *quercus* × *spartii*, tableau 4, *quercus* «A» × *alpina*). La descendance de ces croisements témoigne qu'ils possèdent un degré de fertilité et de vitalité intermédiaire entre les deux catégories précédentes.

Nous concluons donc que: les degrés de fertilité et de vitalité des races de lépidoptères, dans leurs croisements entre elles, diminuent en raison directe de leurs possibilités de rencontre.

Ce qui signifie que:

Toutes les races, en se mélangeant, ne sont pas aptes à procréer une descendance viable, capable de fonder une nouvelle population et de créer de nouvelles génovariations. Or, seules les unions qui en sont capables, sont précisément celles deraces dont, à l'état naturel, les habitats peuvent communiquer librement et facilement. Même dans les cas où la communication présente quelques difficultés, mais pas absolument insurmontables, la descendance parait trop peu fertile et viable pour la procréation d'une population de durée.

A plus forte raison, s'il arrivait que, par suite de circonstances fortuites, des *Lasiocampa quercus-sicula*, de Sicile, venaient à se rencontrer avec des *callunae* d'Ecosse, on conçoit que cette réunion, qui s'est révélée absolument inféconde en laboratoire, ne pourrait en aucune façon avoir de suite. Même constatation en ce qui concernerait une réunion fortuite des *Nemeophila plantaginis* du Jura gessien d'avec ceux de l'Engadine; même constatation encore en ce qui concernerait une rencontre fortuite entre *Lasiocampa quercus* type de plaine et sa race *alpina*.

En outre, nous avons constaté que la proportion sexuelle, normale (1 ♂ : 1 ♀, ou très proche) dans les cas de réunion facile, s'écarte du taux normal dans les cas de réunion

impossible, où l'on constate une forte surproduction de femelles, voire, dans deux cas, disparition complète des mâles. La relation est frappante: Le nombre des femelles, dans la descendance de races qui se mélangent, augmente sur celui des mâles en raison directe des possibilités de rencontre.

Ce phénomène, ainsi que celui qui amène les mâles à éclore parfois plusieurs jours avant les femelles, joint à la diminution des degrés de fertilité et à la mauvaise viabilité des produits, constitue un obstacle sérieux à la procréation de populations. On conçoit en effet, qu'un croisement de races qui ne donne naissance qu'à des femelles, comme cela a été constaté dans certains cas de communication impossible, rende sans effets les résultats d'un mélange.

Et les résultats que nous venons de constater pour les espèces étudiées, il est assez vraisemblable qu'ils seraient les mêmes pour les races d'autres espèces.

Ainsi, les races localisées à de grandes distances, qui les ont séparées les unes des autres depuis les temps géologiques, présentent actuellement, entre elles, certaines différences dans leur constitution germinale respective, différences qui se sont fixées au cours des siècles en raison de l'isolement, et qui, aujourd'hui, s'opposent à des unions suffisamment viables lorsque ces races sont rapprochées.

La séparation géographique concorde avec la séparation germinale; il y a un rapport marqué entre le degré de parenté phylogénique et le degré d'éloignement des habitats et c'est là un élément important de la fixité de ces races, plus important encore que leur simple isolement, mais qui dépend quand même de celui-ci.

D'autre part, les races géographiquement éloignées diffèrent beaucoup plus du type, par les caractères du dessin et du pigment, que ce n'est le cas des races pouvant communiquer librement. A ce point de vue également, il existe un rapport entre le degré d'éloignement géographique et la différenciation intraspécifique, que l'on peut interpréter comme un acheminement vers une séparation spécifique.

Celle-ci est le résultat de mutations germinales, non seulement en relation avec les gènes du pigment, mais dont l'appareil chromosomique a été profondément atteint dans sa constitution. Il s'est ainsi formé, par successions de petites mutations de gènes, une disharmonie entre les appareils chromosimiques des races éloignées. Tandisque, entre races pouvant communiquer librement, leurs appareils chromosomiques pouvaient demeurer adéquats, en raison des accouplements pouvant se renouveler à chaque génération.