

**L'ionogramme sanguin des populations amérindiennes  
du corridor interandin et les processus adaptatifs,**

par J. G. HENROTTE, R. DEPRAITÈRE et J. RUFFIÉ.

La concentration plasmatique des ions alcalins et alcalino-terreux (1°, 2°, 3°) et celle du magnésium érythrocytaire (4°) présente chez l'Homme des variations importantes selon le climat et l'origine raciale des sujets examinés. Une observation récente, faite sur des populations amérindiennes du corridor interandin (5°) confirme l'existence de différences inter-raciales de la kaliémie. Nous reprendrons ici ces derniers résultats et nous tenterons de les interpréter à la lumière de données originales relatives au Na plasmatique et au Mg érythrocytaire et plasmatique des mêmes populations.

*Techniques.* — Les prélèvements sont faits le matin, à jeun, par ponction veineuse, en évitant toute stase sanguine. Le plasma et les globules rouges sont séparés immédiatement par centrifugation. Les dosages de K et Na sont faits par photométrie d'émission et ceux de Mg par photométrie d'absorption atomique selon la technique indiquée par Rousselet (6°). Tous les résultats publiés dans cette note ont été obtenus en utilisant le même équipement. Ils sont donc rigoureusement comparables. En outre, les standards de référence utilisés ont été comparés à ceux d'autres laboratoires d'analyses, de façon à établir des normes indépendantes des caractéristiques techniques et de la méthodologie propre à notre laboratoire. Les résultats sont exprimés en mEq par litre de plasma ou d'érythrocytes.

Tous les sujets examinés sont des adultes jeunes, de sexe masculin, en bonne santé apparente ; ce sont, soit des Boliviens de souche amérindienne, soit des Français de race blanche. La signification des différences entre les moyennes et les variances des résultats obtenus dans les divers groupes a été établie par le calcul du « t » de Student et du « F » de Fischer respectivement. Le test « t » de Behrens-Fischer a été utilisé pour la comparaison des moyennes en cas de variances inégales.

*Résultats.* — 1. LES AMÉRINDIENS EN ALTITUDE (La Paz). — Les prélèvements ont été effectués sur des militaires Aymara et Quechua ; les

(1°) J. Leschi, Pigmentation et fonctionnement cortico-surrénalien, Masson, Paris, 1952.

(2°) J. Benoist et G. Peyronne, *L'Anthropologie*, Paris, 1964, t. 68, p. 549.

(3°) J. G. Henrotte, *Fed. Proceed*, 1966, t. 25, p. 1375.

(4°) J. G. Henrotte et R. Depraitere, *Biométrie Humaine*, 1968, t. 3, p. 94.

(5°) J. G. Henrotte et J. Ruffié, *C. R. Acad. Sc.*, 1969, Série D, t. 269, p. 339.

(6°) F. Rousselet, Spectrophotométrie par absorption atomique appliquée à la Biologie. Thèse Pharmacie, Paris, N° 148, 1966.

sujets métissés ou d'origine incertaine ont été éliminés de la statistique. Tous sont originaires des Hauts-Plateaux boliviens. Un lot de 55 sujets a été examiné dans son climat d'origine, à La Paz (3.800 m).

2. AMÉRINDIENS D'ALTITUDE TRANSPLANTÉS EN BASSE TERRE. — Un second groupe de soldats a été examiné dans les basses terres amazoniennes dans la région de Santa-Cruz.

Tous ces sujets, qui appartiennent au même groupe ethnique que le premier, étaient transplantés d'altitude en plaine depuis au moins six mois. L'analyse statistique des résultats montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les Aymara et les Quechua d'une part, et entre les sujets vivant en altitude, et ceux transplantés dans les basses terres d'autre part, sauf pour le K plasmatique qui est significativement plus bas dans ce dernier groupe.

Groupes	Mg érythrocytaire			Mg plasmatique			K plasmatique			Na plasmatique		
	n	m	$\sigma$	n	m	$\sigma$	n	m	$\sigma$	n	m	$\sigma$
<b>Amérindiens en Bolivie</b>												
En altitude :												
Aymara . . . . .	28	4,86	0,30	28	1,63	0,11	28	3,99	0,43	27	140,9	2,35
Quechua . . . . .	27	4,96	0,34	25	1,62	0,11	27	3,98	0,39	26	140,5	3,00
Total . . . . .	55	4,91	0,32	53	1,62	0,11	55	3,99	0,40	53	140,5	2,65
En plaine :												
Aymara . . . . .	7	4,67	0,32	12	1,57	0,09	12	3,79	0,40	12	142,6	4,96
Quechua . . . . .	20	4,85	0,36	32	1,61	0,11	32	3,65	0,37	32	140,0	3,65
Total . . . . .	27	4,80	0,35	44	1,60	0,10	44	3,68	0,38	44	140,9	4,13
Amérindiens en Europe . . . . .	4	5,63	0,61	4	1,73	0,11	—	—	—	—	—	—
Blancs en Bolivie altitude . . . . .	6	4,76	0,39	6	1,63	0,07	6	3,41	0,22	6	137,9	26
Blancs en Europe..	73	4,60	0,45	73	1,69	0,18	160	4,28	0,48	145	144,8	4,64

Concentrations en mEq/l, du Mg érythrocytaire et du Mg, K, Na plasmatiques mesurés chez des Amérindiens et des Blancs européens dans différents climats. (n = nombre de sujets ; m = moyenne arithmétique ;  $\sigma$  = écart-type).

Valeurs du K plasmatique des Amérindiens d'après Henrotte et Ruffié (5\*) : valeurs des Blancs en Europe d'après Henrotte (3\*) et Henrotte et Deprière (4\*).

3. LES AMÉRINDIENS EN EUROPE. — A titre documentaire, nous donnons les valeurs obtenues chez 4 sujets boliviens arrivés à Paris depuis 24 h et venant directement de La Paz. La moyenne élevée du Mg érythrocytaire est due à la présence d'une valeur anormale égale à 6,55 mEq/l observée chez un des sujets. Les trois autres valeurs sont respectivement égales à 5,39, 5,21, et 5,39 mEq/l.

4. LES BLANCS EN BOLIVIE. — Les prélèvements ont été faits chez des Français en mission de coopération à La Paz depuis plus de six mois.

Les résultats de ce groupe comme ceux du précédent sont proches de ceux du groupe I. Ils contrastent avec les valeurs de référence du groupe suivant.

5. LES BLANCS EN EUROPE. — Les valeurs de Mg érythrocytaire et plasmatique sont celles mesurées par Henrotte et Depraître (4\*) chez des étudiants parisiens. Ces valeurs ont été calculées à partir des mêmes standards que ceux utilisés pour les groupes précédents. En outre, certains dosages de cette série ont été faits en même temps que ceux des séries précédentes pour assurer une meilleure comparaison. Les mêmes précautions ont été prises pour les dosages de K et de Na plasmatiques faits à partir d'échantillons recueillis chez des étudiants liégeois (3\*) et parisiens (résultats non publiés). Dans ces conditions, les K et Na plasmatiques des Blancs européens ont des taux très significativement supérieurs à ceux des Amérindiens ( $P < 0,001$ ). Celui du Mg plasmatique est légèrement supérieur ( $P < 0,05$ ) tandis que le Mg érythrocytaire a une concentration plus élevée chez les Amérindiens que chez les Blancs ( $P < 0,01$ ). Dans le cas du Mg érythrocytaire, dosé par photométrie d'absorption, les normes établies pour les populations blanches en occident sont encore peu nombreuses. Citons la valeur de 4,60 mEq de Mg par litre d'érythrocytes obtenue par Rousselet (6\*) chez 160 Français adultes. Cette valeur coïncide parfaitement avec la nôtre et diffère significativement de celles des Amérindiens.

*Discussion.* — A partir des 5 groupes de sujets étudiés, il apparaît qu'un certain nombre de modifications de l'ionogramme sanguin sont liées à la vie en altitude quelle que soit l'origine raciale de ces sujets. On peut les résumer ainsi : abaissement notable de la kaliémie (5\*), abaissement plus faible, mais tout aussi constant du Mg et du Na plasmatique, augmentation notable du Mg érythrocytaire.

Il est probable que ces modifications ont une valeur adaptative que l'on peut résumer ainsi : a) la diminution de concentration des ions K, Na et Mg plasmatiques de sujets d'altitude pourrait être le résultat d'une augmentation de l'excrétion rénale de ces ions, destinée à compenser une légère alcalose respiratoire ; b) l'augmentation du Mg érythrocytaire pourrait tenir à un renforcement de l'équipement enzymatique respiratoire des cellules (on sait le rôle important du Mg dans beaucoup de réactions enzymatiques), ce qui constituerait une adaptation à la diminution de la pression partielle d'O<sub>2</sub>.

On peut rapprocher ces phénomènes d'autres modifications ayant sans doute une valeur adaptative, et qui ont été signalées par Ruffié et Vergnes sur les diaphorases (7\*), par Ruffié et Larrouy sur la synthèse des immunoglobulines (8\*), par Caen sur la diminution de l'agrégation plaquettaire (9\*). Toutes démontrent, chez les populations vivant traditionnellement en altitude, une adaptation à leur environnement perceptible d'abord au niveau moléculaire.

(7\*) J. Ruffié, H. Vergnes et Th. Hobbé, *C. R. Acad. Sc.*, 1966, t. 262, p. 1956.

(8\*) J. Ruffié, G. Larrouy et H. Vergnes, *Nouv. Rev. Franç. Hématol.*, 1966, t. 6, p. 544.

(9\*) J. Caen, Communication personnelle.

Toutefois, si les modifications observées sous l'effet de l'altitude vont toujours dans le même sens, quelle que soit l'origine raciale du sujet, et tendent probablement à un meilleur ajustement de l'organisme aux conditions de milieu, particulièrement sévères, il apparaît une différence nette entre les groupes raciaux, en ce qui concerne les possibilités de rétrocession de cet ajustement lorsque les conditions d'environnement se modifient. En effet :

1. L'Européen arrivant en altitude (groupe N° 4) « ajuste » son ionogramme à des conditions permettant un meilleur fonctionnement physiologique. Il offre alors des chiffres très voisins de ceux observés chez les Amérindiens vivant, traditionnellement, dans le corridor interandin. Il s'agit là d'un processus d'« acclimatation », apparaissant comme une réponse quasi immédiate à une sollicitation mésologique et disparaissant dès que cette contrainte de l'environnement a elle-même disparu. C'est donc un processus éminemment réversible.

2. L'Amérindien d'altitude, au contraire, semble présenter des modifications définitivement fixées et qui le demeurent (groupes 1 et 2) quelles que soient les variations de l'environnement. On est probablement en présence ici d'un processus d'« adaptation », fruit d'une longue sélection naturelle et définitivement fixée par les mécanismes génétiques.

Cette irréversibilité a déjà été notée par Ruffié et coll. pour la diminution de l'aptitude à synthétiser les immunoglobulines (8\*).

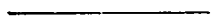
Les résultats recueillis sont encore numériquement trop faibles pour en tirer des conclusions définitives. En particulier : l'ensemble des tests réalisés en Bolivie l'ont été de septembre à novembre et non tout au cours de l'année comme ce fut le cas dans la population blanche de référence. Par ailleurs, l'échantillonnage de blancs récemment arrivés en altitude est de taille encore faible. Aussi nous proposons de poursuivre ce travail pour évaluer d'une manière très précise la « marge d'adaptabilité » et d'acclimatation des populations blanches vivant dans une écologie « normale » pour la comparer à celle des populations amérindiennes vivant depuis les temps préhistoriques en altitude, et fortement adaptée à cette écologie singulière.

Si nos résultats se confirment, on pourrait voir dans la fixité de l'ionogramme des Amérindiens des Andes, un nouvel exemple de la loi de l'irréversibilité de l'évolution de Dollo, au terme de laquelle tout organisme qui s'engage dans la voie de spécialisation voit diminuer ses possibilités adaptatives. Son meilleur ajustement au milieu où il vit le « piège » désormais dans cet environnement dans lequel il est dès lors condamné à demeurer. Sa spécialisation se traduit par un meilleur rendement : mais elle constitue aussi une fin d'évolution.

*Résumé.* — La composition ionique du sang des Amérindiens originaires du corridor interandin diffère des normes occidentales : la teneur en Mg érythrocytaire est plus élevée, et celle du K, Na et Mg plasmatiques est plus faible. Ces caractéristiques semblent indépendantes du climat, comme le montre l'examen de sujets amérindiens en altitude et dans les basses terres amazoniennes. En revanche, quelques Français examinés après six mois de séjour à 3.800 m montrent un ionogramme sanguin proche de celui des Amérindiens. Les causes

mésologiques ou génétiques de ce phénomène, sont brièvement discutées et rapprochées d'autres observations portant sur les variations de certains systèmes enzymatiques ou immunologiques (\*).

*(Laboratoire de Biométrie Humaine du C.N.R.S., Paris ; Institut de Biologie Clinique de l'Université de Paris, Hôpital Cochin, Paris 14<sup>e</sup> et Centre d'Hématologie du C.N.R.S., C.H.U. de Purpan, Toulouse).*



(\* ) Travail réalisé dans le cadre de la R.C.P. N° 87 du C.N.R.S.