IMMUNOLOGIE. — *Influence de l'âge de la Souris sur l'efficacité de la stimulation de ses défenses par un rayonnement électromagnétique.* Note (*) de **Raymond Pautrizel, Antoine Priore, Anne-Nelly Pautrizel** et **Pierrette Chateaureynaud-Duprat,** présentée par M. Robert Courrier.

Les effets biologiques des ondes électromagnétiques sur la trypanosomiase expérimentale ne peuvent être mis en évidence chez la Souris qu'à partir d'un certain âge. Il faut en effet que le système immunologique de l'animal soit suffisamment développé. L'intense réponse immunitaire moléculaire n'est qu'un aspect des défenses sensibles à cette stimulation physique.

Biological effects of microwaves on experimental trypanosomiase in the Mouse depends on the state of development of the animal. In fact such stimulation needs a mature immune system. Nevertheless, the increasing of the molecular immune response is only one of the aspects of protection mechanisms stimulated by such microwaves.

Les défenses de la Souris adulte trypanosomée sont stimulées de façon particulièrement intense par un rayonnement électromagnétique associé à un champ magnétique. Les Souris, splénectomisées ou non, infestées avec *Trypanosoma equiperdum* et soumises aux ondes électromagnétiques, maîtrisent leur parasitose, habituellement mortelle en quelques jours chez les Souris non traitées [(1), (2)].

Parmi les différentes composantes de cette défense, celles de nature immunitaire semblent indispensables. En effet les animaux adultes dont le système immunitaire est détruit ne se débarrassent pas de leurs parasites sous l'action du rayonnement électromagnétique (3). Les Souris infestées à la naissance meurent en quelques jours de la trypanosomiase, qu'elles soient traitées ou non par ce procédé physique (1). On sait que chez les jeunes Souris le système immunitaire n'est pas mûr; on peut donc penser qu'il ne peut être encore stimulé efficacement pour maîtriser la parasitose.

Il nous a paru intéressant de rechercher s'il n'y avait pas chez le jeune animal une certaine corrélation entre la maturation de son système immunitaire et le développement de ses défenses au moyen d'une stimulation déclenchée par les micro-ondes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES. — Des Souris, de race Swiss (élevage Martin-F.E.A.S.L., 33910 Saint-Denis-de-Pile) de divers âges sont infestées avec *Trypanosoma equiperdum* BoTat-1 (Bordeaux-Trypanozoon-antigenic-type n° 1). Chaque Souris reçoit par voie intrapéritonéale 1 000 trypanosomes par gramme de Souris. Les animaux sont groupés suivant leur âge, de la naissance à 40 jours (J 0, J 5... J 40). Chaque groupe est divisé en deux lots (lot I et lot II). La série des lots I permet de suivre la maturation du système immunitaire en fonction de l'âge. La série des lots II aide à préciser l'âge exact auquel se développe la sensibilité de l'animal vis-à-vis du rayonnement électromagnétique.

1° Pour évaluer la maturation du système immunitaire, toutes les Souris des lots I subissent après 3 jours d'infestation trypanosomienne un traitement curatif à l'« Arsobal » à raison de 9 μg par gramme de Souris. Des prélèvements sanguins sont pratiqués les jours suivants. On dose les IgG et les IgM sériques; les anticorps spécifiques sont évalués par agglutination des trypanosomes vivants. Les propriétés hémagglutinantes, séroprotectrices et d'immuno-adhérence sont également mises en évidence sur certains échantillons (2).

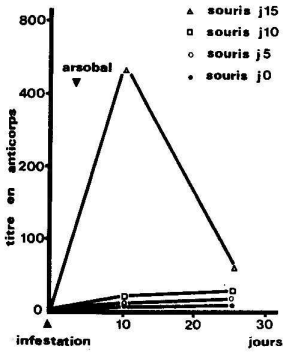
2° Tous les animaux constituant les lots II sont soumis dès le jour de leur infestation, puis les jours suivants, à un traitement quotidien de 6 h par ondes électromagnétiques

(9,4 GHz et 17 MHz) et champ magnétique modulé (1 200 Gs). L'évolution de la parasitémie est suivie sur des frottis de sang prélevé à la queue de la Souris deux fois par jour ([2]).

RÉSULTATS. – 1. Chez les animaux des lots I, l'évaluation de la teneur en immunoglobulines G et M du sérum des Souriceaux infestés à des âges différents par *Trypanosoma equiperdum* puis déparasités par l'« Arsobal », montre une évolution quantitative fort différente pour chacune des deux classes d'immunoglobulines :

– au cours de leurs 8 premiers jours de vie, les Souriceaux ont un taux sérique d'IgG égal ou supérieur à celui des adultes. Par la suite, on constate une diminution qui atteint environ la moitié du taux des adultes vers le 25e jour puis une augmentation régulière à partir du 35e jour;

– les IgM inexistantes à la naissance sont décelées dès le 8e jour et progressent régulièrement pour atteindre au 25e jour d'âge un taux sensiblement égal à la moitié de celui des adultes.



Courbes d'évolution des anticorps agglutinants chez des Souris parasitées par *Trypanosoma equiperdum*. Les animaux ont été infestés soit à la naissance, soit à l'âge de 5, 10 ou 15 jours puis traités après 3 jours d'infestation par une dose curative d'« Arsobal ».

L'étude séro-immunologique permet de constater chez les Souriceaux des lots J 0 à J 10 que la réponse immunitaire, évaluée en production d'anticorps agglutinants, est faible mais non négligeable. Pour chacun de ces animaux, elle augmente régulièrement au cours et au-delà des 10 jours qui suivent leur infestation (*fig.*). Dans le cas où la Souris est âgée de 12 à 15 jours ou plus au moment de son inoculation, la production d'anticorps agglutinants est très intense dans les tous premiers jours qui suivent l'imprégnation antigénique pour fléchir ensuite au bout de 8 à 10 jours (*fig.*). Chez les Souris infestées à l'âge de 3 semaines (J 21), on note une richesse en anticorps sériques (agglutinants, hémagglutinants, immuno-adhérents, séroprotecteurs) et une évolution de ces anticorps tout à fait comparable à celle constatée chez les animaux adultes.

2. Chez les animaux des lots II (J 0 à J 40), soumis à l'action du rayonnement électromagnétique, les résultats obtenus sont les suivants : les animaux des lots II de J 0 à J 28 développent une très forte parasitémie et meurent avec un nombre de trypanosomes voisin de 10^{6} par millimètre cube de sang, exactement comme les Souris témoins du même âge, non soumises à ce traitement physique. Par contre, si les Souris sont âgées de plus de 1 mois (J 35 et J 40) au moment de leur infestation, la stimulation physique par micro-ondes leur permet de se débarrasser de leurs trypanosomes et aucune ne meurt. Quand elles sont d'âge intermédiaire lors de leur infestation (J 31), certaines Souris seulement sont négativées, les autres meurent ne pouvant maîtriser leur parasitose (tableau).

TABLEAU

Évolution de la parasitémie chez des Souris d'âges différents, infestées par Trypanosoma equiperdum. *Immédiatement après l'inoculation infestante, les animaux sont soumis chaque jour pendant* 6 h *à l'effet combiné de champ magnétique et d'ondes électromagnétiques* (+, présence de Trypanosomes; —, absence de Trypanosomes; ☆, mort de l'animal).

Souris trypanosomées soumises au rayonnement électromagnétique

Lots de Souris d'âges différents	Nombre d'heures après l'infestation				
	48	58	72	82	96
28 jours	+	+	+	☆	
	+	+	+	+	☆
	+	+	+	+	☆
	+	+	+	+	☆
	+	+	+	☆	
	+	+	+	☆	
31 jours	+	+	+	—	—
	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	+	+
	+	+	+	—	—
35 jours	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
40 jours	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—

DISCUSSION. — Bien que les Souris ne possèdent à l'âge de 3 semaines qu'une quantité d'immunoglobulines G et M sensiblement égale à la moitié de celle des Souris adultes, elles sont capables d'élaborer vis-à-vis de *Trypanosoma equiperdum* une réponse immunitaire qui rappelle tout à fait celle des animaux adultes. Cependant ce n'est qu'à partir de 30 jours que certaines d'entre elles peuvent utiliser l'effet bénéfique des ondes électromagnétiques pour enrayer le développement de leur trypanosomiase. Elles doivent être âgées d'au moins 35 jours pour guérir toutes après traitement par micro-ondes d'une affection mortelle en quelques jours chez l'adulte non traité.

Il semble donc bien que les Souris jeunes soient capables, après stimulation physique, de vaincre leur trypanosomiase mais seulement 10 à 15 jours après le début de l'élaboration d'une réponse en anticorps qualitativement et quantitativement comparable à celle de l'adulte. Cependant il a été constaté que des Souris adultes privées d'environ 90 % de leur production d'anticorps, après dépression par des moyens physiques ([3]) ou chimiques ([1]), peuvent encore maîtriser leur parasitose.

D'après les résultats obtenus, il semble que la jeune Souris, soumise au rayonnement électromagnétique ne se débarrasse de ses parasites que lorsqu'elle est capable d'élaborer une réponse suffisante en immunoglobulines spécifiques et cytotoxiques [(3), (4)]. L'efficacité de sa défense dépend notamment de l'état de maturation de son système immunitaire. Mais si cette condition est nécessaire elle n'est pas suffisante.

Le travail effectué montre, en outre, que chez les jeunes Souris dont les défenses sont peu développées on assiste à une évolution de la parasitémie aussi bien chez celles stimulées par micro-ondes que chez les non traitées. Ainsi, il apparaît une nouvelle fois que cette stimulation physique n'a pas d'effet notable sur le parasite (1). Par contre, nous avons montré qu'elle stimule les défenses de la Souris.

On peut penser que la richesse en certains constituants du sang et du complément en particulier soit indispensable pour l'élimination de la parasitose et supposer également qu'il faille atteindre un certain état de développement de l'animal (maturation de ses glandes endocrines, par exemple) pour qu'il soit sensible à une stimulation par ondes électromagnétiques [(4), (5)].

Avec la collaboration des techniciens du Laboratoire. Travail ayant bénéficié de l'aide de l'I.N.R.A., Paris et de l'I.N.S.E.R.M., Paris (action urgente 77-161).

(*) Séance du 3 juillet 1978.

(1) R. Pautrizel, A. Priore, P. Mattern et A. N. Pautrizel, *Comptes rendus*, 280, série D, 1975, p. 1915.

(2) R. Pautrizel, P. Mattern, A. N. Pautrizel et A. Priore, *Ann. Soc. belge. Méd. trop.*, 57, 1977, p. 501.

(3) R. Pautrizel, P. Mattern, A. Priore, A. N. Pautrizel, A. Capbern et T. Baltz, *Comptes rendus*, 286, série D, 1978, p. 1487.

(4) B. Flemmings et C. Diggs, *Infection and Immunity*, 19, 1978, p. 928.

(5) B. Hardy, E. Skutelsky, A. Globerson et D. Danon, *J. Reticuloendothel. Soc.*, 19, 1976, p. 291.

Laboratoire d'Immunologie et de Biologie parasitaire,
Université Bordeaux-II, 146, *rue Léo-Saignat,* 33076 *Bordeaux Cedex*
et *Laboratoire Recherches scientifiques,* 83, *cours Gambetta,* 33270 *Floirac.*