

"Bilans du calcium, du phosphore et du cuivre chez un animal en milieu fermé enrichi en magnésium", *Comptes Rendus de l'académie d'agriculture de France*, séance du 25 février 1970 pp. 671-678 (as part of "Additif au compte Rendu de la séance du 25 février 1970", pp. 670-689).

— 670 —

ADDITIF AU COMPTE RENDU  
DE LA SEANCE DU 25 FEVRIER 1970

Présidence de M. Auguste OUDIN

AVIS

*La note ci-dessous, intitulée « Bilans du calcium, du phosphore et du cuivre chez un animal en milieu fermé enrichi en magnésium », dont l'auteur est M. C. Louis Kervran, a été présentée par M. Noilhan au cours de la séance du 25 février 1970.*

*L'exposé de cette note a été suivi d'une très vive discussion qui s'est prolongée par la suite, ce qui a retardé jusqu'à ce jour sa publication dans les comptes rendus des séances de l'Académie.*

*Toute reproduction partielle ou totale de cette note reste subordonnée à l'autorisation préalable de l'Académie et devra obligatoirement comprendre la reproduction intégrale, dans l'ordre où ils se trouvent dans le présent compte rendu, des textes du présent avis et de la présentation faite par M. Noilhan des expériences de M. Kervran avant l'exposé de sa note, et aussi de toutes les observations faites après cet exposé par MM. Noilhan, Kervran, Lavollay, Hénin, Barbier, Guilhon et M. le Président Oudin.*

*L'Académie d'Agriculture de France, qui ne prend jamais à sa charge les assertions, affirmations, interprétations et conclusions des auteurs et présentateurs, souhaite toutefois que M. Kervran reprenne ses expériences qui seraient soumises à des vérifications expérimentales faites sous le rigoureux contrôle d'un organisme scientifique compétent.*

**COMMUNICATION SUR LES EXPÉRIENCES  
DE M. C.-LOUIS KERVAN**

M. Noilhan. — Lors de sa séance du 22 janvier 1969, notre collègue M. Desoutter, à qui son état de santé n'a pas permis d'être parmi nous aujourd'hui, avait exposé à notre Compagnie les travaux théoriques et pratiques de M. Louis Kervran, desquels il paraît résulter que la matière vivante peut opérer de véritables transmutations atomiques.

Les conclusions de M. Louis Kervran sont tellement inattendues, tellement vastes de conséquences, tellement contraires à tout ce qui est professé jusqu'ici, qu'à la suite de la discussion qui a eu lieu, il était apparu souhaitable que M. Louis Kervran procédât à de nouvelles analyses et fournit toutes indications utiles concernant les laboratoires et les méthodes employées. Moi-même, j'avais indiqué à M. Louis Kervran que les indications qu'il avait données concernant l'apparition du calcium dans les carapaces de homards au moment de leur mue, et cela à partir d'un milieu pratiquement dépourvu de calcium, méritaient une étude plus poussée. Les thèses de M. Kervran sont de celles qui doivent être vraies deux fois pour être admises. Seule une argumentation sévère règlera la question.

C'est très volontiers que M. Louis Kervran a accepté de procéder à ces nouvelles recherches et ce sont les derniers résultats obtenus qui vont être présentés aujourd'hui à notre Compagnie.

**BILANS DU CALCIUM, DU PHOSPHORE ET DU CUIVRE  
CHEZ UN ANIMAL EN MILIEU FERMÉ  
ENRICHÉ EN MAGNÉSIUM**

par C.-Louis Kervran

*(Note présentée par M. Noilhan)*

**INTRODUCTION**

Une nouvelle recherche sur des métabolismes, en apparence aberrants, a été effectuée sur des homards. Elle avait pour but de recouper et de développer les résultats d'une

première série de recherches effectuées en 1967-1968, résultats présentés ici à la séance du 22 janvier 1969. Il a été tenu compte, dans la note lue aujourd'hui, du vœu exprimé à cette séance et publié dans le n° 2 des Comptes rendus de 1969, vœu tendant à obtenir plus de détails sur les méthodes d'analyses. Cet exposé fait suite aussi à la communication du 13 décembre 1967 sur des souris, afin de montrer que l'étude est extrapolable à divers animaux, d'où un intérêt direct pour l'élevage, pour l'agriculture.

#### PROTOCOLE

L'expérience consiste à placer dans des bacs d'eau de mer des homards de même sexe, sensiblement de même taille et de même poids, où ils sont élevés jusqu'à ce qu'ils fassent leur mue. Dès que le premier animal a fait sa mue, il est enlevé, essuyé, pesé, puis congelé à  $-16^{\circ}$  et conservé à cette température jusqu'à ce qu'il soit analysé ; la congélation a pour effet de fixer l'eau, donc les sels. C'est l'animal-témoin. Quand un autre homard a terminé sa mue, après avoir été essuyé et pesé, il est placé dans un aquarium contenant de l'eau de mer dont le calcium a été partiellement précipité (par de l'acide chloranilique) : de 432 mg/litre dans l'eau de mer brute utilisée, la teneur est tombée à 50 mg/l ; il y a donc eu 88 % du calcium précipité. Les ions  $Ca^{++}$  enlevés ont été remplacés par une surcharge de l'eau en sels de magnésium, portant la teneur initiale de Mg à plus du double. Le pH était rajusté à la soude. Cette préparation de l'eau, non tamponnée pour rester biologique, est très délicate et très longue ; elle a pris près de six mois.

L'eau ainsi préparée fut mise dans un bac ; il y avait 70 litres, plus 5 litres dans le filtre accolé au bac. Le second homard y fut plongé après sa mue et y fut laissé 17 jours, sans nourriture. Sorti, essuyé, pesé, il fut mis en boîte étanche et porté à l'analyse, avec le témoin, en attente. Les animaux furent séchés au four à  $105^{\circ}C$ , puis incinérés à  $500^{\circ}$ . Les cendres furent dissoutes à l'acide chlorhydrique et c'est sur cette solution que furent faits les titrages.

Les 75 litres d'eau tournaient en circuit fermé, par siphon, sur un filtre ; aération par une pompe rotative amenant l'air

au fond du bac. Le milieu où vivait l'animal était donc clos ; il ne pouvait rien venir de l'extérieur, rien ne pouvait sortir. Le homard maintenu vivant après sa mue a été estimé avoir, à sa mue, la même composition que le témoin sacrifié dès sa mue. L'eau fut analysée, dès que le second homard y fut plongé, puis dès qu'il fut enlevé.

Nous avons ainsi la valeur totale des éléments dosés, pour l'eau et l'animal ayant séjourné dans cette eau dès après sa mue. Or le bilan ne fut pas nul (j'ouvre une parenthèse pour rappeler qu'en biologie le bilan est la comparaison entre le total en poids d'un élément se trouvant dans un milieu, au commencement et à la fin de l'expérience ; sur de la matière morte, en chimie, ces deux valeurs sont égales ; leur différence, appelée aussi leur balance, ou leur bilan, est zéro ; c'est la loi de Lavoisier ; en biologie on n'a pas toujours un tel bilan nul, entre ce qu'on appelle souvent, en agriculture, les importations et les exportations). Dix-sept jours plus tard nous avons dans le total eau + animal des valeurs différentes de celles du départ. Ces bilans non nuls sont bien connus des biologistes, en particulier des agronomes et ils savent qu'il n'est pas possible d'accuser les chimistes d'incompétence, uniquement dans ces cas.

#### BILAN DU CALCIUM

Les méthodes d'analyse du calcium, retenues après essais, furent :

- la précipitation en sulfate, séparation du sulfate de Ca par l'alcool méthylique, où il est insoluble, tandis que le sulfate de Mg est soluble, puis dosage en oxalate ;
- la complexométrie Patton et Reeder ;
- la méthode au verséniate ;
- la méthode à l'acide picrolonique ; titrage par manganimétrie après précipitation à l'état d'oxalate ; cela pour l'eau ou pour l'animal.

Tous les titrages sur l'eau furent faits après réduction du volume au 1/10 par évaporation ; plusieurs titrages furent faits par la même méthode, la dispersion était faible ; toute-

fois d'une méthode à l'autre, il y avait parfois des écarts dépassant 10 % ; les méthodes dépassant 20 % d'écart (sur solutions de contrôle, de titre connu) ne furent pas retenues car cela montrait qu'elles ne convenaient pas pour le rapport élevé Mg/Ca. Nous donnons les valeurs moyennes de ces méthodes retenues :

	<i>A la mue</i> (g)	<i>17 jours après</i> (g)
Dans l'animal . . . . .	0,560	1,900
Dans les 75 litres d'eau . . . . .	3,750	13,5575
	4,310	15,4575

#### COMMENTAIRE

L'augmentation totale du calcium dépasse 250 % ; elle ne saurait être la conséquence d'erreurs ; les poids sont ici en grammes. Cette augmentation est d'ailleurs du même ordre que celle trouvée dans l'expérience de l'année précédente. Elle ne semble pouvoir être interprétée autrement que par une production de calcium par le homard, dans une eau surchargée en magnésium, calcium se trouvant sous une forme soluble, non retenue par le filtre.

#### BILAN DU PHOSPHORE

Seul le phosphore avait fait l'objet de la communication du 22 janvier 1969. Voici les résultats de la dernière recherche :

	<i>A la mue</i> (mg)	<i>17 jours après</i> (mg)
Dans l'animal . . . . .	380,00	430,00
Dans les 75 litres d'eau . . . . .	0,15	0,15
	380,15	430,15

Le phosphore a augmenté de 13 % dans le homard, en 17 jours. Dans l'expérience précédente, il avait augmenté de 11 % en 13 jours, il y a donc convergence. Le phosphore ne

varie pas autant que le calcium, car la carapace n'en contient pas, c'est une calcite. L'augmentation de P, en valeur absolue, est de 50 mg dans le homard en 17 jours. Il est important de remarquer que c'est là plus de 300 fois le stock total de P dans l'eau du bac, ce qui montre bien que ce phosphore n'a pu être prélevé dans l'eau, dont la teneur n'a pas varié. Il est rappelé qu'une observation du même genre a été faite par le professeur de faculté japonais Komaki, lors d'une recherche sur la prolifération de bactéries : il a été trouvé, en 72 heures, plus de 2 fois plus de phosphore dans le flacon, après incubation, alors que la teneur initiale de la solution n'avait pas changé (v. Rev. de Pathol. Compar. et de Médec. Expérim., mars-avril 1969).

#### PRÉCAUTIONS PRISES ET MÉTHODES D'ANALYSE

Les valeurs du phosphore trouvées dans l'eau étaient les mêmes au début et à la fin de l'expérience. C'était là un recouplement montrant qu'il n'y avait pas eu d'apport de phosphore par échange ionique avec du phosphore qui aurait pu se trouver dans les matériaux des tubulures de plastiques, ou par le filtre. L'éventualité d'un tel apport avait été envisagée, comme suite à une remarque faite à la séance du 22 janvier 1969 par M. de Saint-Rat. C'est pourquoi il fut utilisé, pour le filtre, du charbon de bois activé à la vapeur d'eau (et non à l'acide phosphorique, procédé d'ailleurs très rare de nos jours). On pouvait aussi avoir une migration du phosphore utilisé comme plastifiant dans certains plastiques car nous avons trouvé des flacons en chlorure de polyvinyle où, dans l'eau qui y était mise, la teneur initiale du phosphore pouvait être multipliée par 100 en quelques semaines.

Je reconnais que la méthode d'incinération n'est pas la plus précise pour le dosage du phosphore, pour plusieurs raisons, valables surtout si l'on cherche des valeurs absolues ; mais pour des comparaisons, l'erreur, par défaut, est peu sensible. De plus, dans le cas présent l'erreur de titrage par défaut dans les animaux constitue un élément défavorable à ce que je me proposais de vérifier, puisqu'en valeur absolue j'aurais trouvé encore un peu plus de phosphore dans l'animal, sans qu'il change dans l'eau.

La teneur en phosphore de cette eau, captée au large de Beg Meil, dans la baie de Concarneau, était extrêmement faible. De ce fait, j'ai cru devoir faire recouper les résultats par plusieurs laboratoires, s'ignorant mutuellement. Il convenait d'écarter à priori des méthodes classiques comme celle de Copeau, modifiée par Javillier, etc., la teneur de l'eau en P étant trop faible. Il fut utilisé :

- la réaction colorée à l'aminonaphtol sulfonique-molybdate sulfurique ;
- la méthode colorimétrique céruléomolybdique ;
- la méthode Feigh-Gilles-acide phosphomolybdique + acétate de benzidine et dosage d'après colorimétrie bleue finale.

Un essai fut fait aussi sur le minéralisat précipité sous forme de phosphomolybdate d'ammonium, puis titrage volumétrique après dissolution du précipité par NaOH et addition d'ammoniaque qui colore la solution, lecture en cuve, en lumière étalonnée.

La troisième méthode fut adoptée, après discussion, par le docteur ès-sciences Bieselaar, ingénieur-chimiste expert près les tribunaux et ancien chef du Laboratoire de répression des fraudes, à qui j'avais confié des échantillons. La première et la troisième méthodes ont donné peu de différence avec un écart en plus ou en moins de 0,1 gamma/litre, autour de la moyenne de 0,002 mg/litre. La seconde méthode fut retenue par un laboratoire officiel (de l'I.N.R.A.) qui a déclaré ne pas être assez bien outillé pour apprécier la quatrième décimale et qu'il pouvait seulement dire qu'il y avait, dans l'eau, un peu moins de 0,003 mg/l. Dans notre bilan nous avons retenu la valeur la plus défavorable de 0,002 mg/l, mais on peut refaire les calculs avec moins de 0,003 mg/l et prendre alors le maximum de 0,0029 mg/l ; on verra que, pour 75 litres d'eau, cela ne change en rien le sens, ni même l'ordre de grandeur des résultats : le phosphore de l'eau est sans commune mesure avec l'augmentation du phosphore dans le homard.

### BILAN DU CUIVRE

L'étude de l'évolution du cuivre a été retenue parce que ce métal semble, chez les crustacés, le fixateur d'oxygène dans l'hémocyanine de son hémolymphe tout comme le fer dans l'hémoglobine du sang des mammifères. Cette variation du cuivre chez les crustacés n'est pas un échange avec l'eau de mer, comme le montre le bilan :

	<i>A la mue</i> (mg)	<i>17 jours après</i> (mg)
Dans l'animal . . . . .	3,40	5,51
Dans les 75 litres d'eau . . . . .	1,95	4,95
	5,35	10,46

Le cuivre a augmenté de 60 % dans l'animal en 17 jours. Dans l'expérience précédente, nous avons obtenu en 13 jours une variation plus faible, mais il y a convergence car ces derniers animaux étaient plus petits et plus le homard grandit plus son volume relatif d'hémolymphe augmente. En valeur absolue, l'augmentation est de 2,11 mg dans l'animal, ce qui est supérieur à tout le cuivre contenu dans l'eau et aucune partie en cuivre dans l'installation n'était en contact avec cette eau, où le cuivre est devenu 2,53 fois plus abondant qu'au départ. Cela ne semble pouvoir s'expliquer que par une formation endogène de cuivre chez le homard qui, par catabolisme, après en avoir fixé une partie, rejette dans l'eau une forme soluble, non retenue par le filtre.

### DOSAGE DU FER

Le dosage du fer dans l'eau en début et en fin d'expérience a été fait aussi ; il y avait respectivement 0,0845 mg/l au départ, soit 6,3375 mg pour les 75 litres, et 17 jours après il y avait 0,0692 mg/l, soit 5,190 mg pour 75 litres. La baisse du fer est de 18 % ; dans l'eau brute le rapport Fe/Cu = 3,25.

### MÉTHODES D'ANALYSE

Le dosage du cuivre a été fait par colorimétrie au 2-2' diquinolyle ou par addition de cupréthol, lecture à 434 m $\mu$ , sans extraction, en cuve de 10 cm. Toutefois les teneurs en cuivre et en fer étant faibles et afin qu'on ne puisse parler d'erreurs de dosages chimiques, nous avons en plus utilisé une méthode physique nouvelle, par spectrophotométrie à absorption atomique, plus sensible que la spectrophotométrie à émission. L'appareil de Beckmann utilisé est d'une grande spécificité et sa sensibilité permet des lectures où le 0,1 gamma/litre peut être garanti comme moyenne. Les valeurs différaient peu de celles obtenues par des méthodes chimiques mais nous n'avons retenu, dans ce qui précède, que la lecture au spectrophotomètre à absorption atomique. Pour le cuivre il a été trouvé au départ 0,026 mg/l, soit 1,95 mg pour les 75 litres d'eau du bac et après 17 jours de présence du homard dans l'eau il y avait 0,066 mg/l, soit 4,95 mg pour 75 litres.

### CONCLUSION

Nous pensons avoir introduit un schéma d'expérience-type, en milieu totalement isolé de l'extérieur et où toute variation du poids des éléments ne pouvait être due qu'à une action biologique ; nous n'avons pas dosé ce qui aurait pu être retenu par le filtre, car s'il y avait été fixé des formes insolubles, elles viendraient s'ajouter encore à ce que nous avons trouvé en fin d'expérience ; nous avons seulement vérifié que le filtre ne pouvait rien apporter, et seul cela importait.

Nous avons seulement voulu apporter une preuve de plus qu'en biologie il y a bien des bilans non nuls, donc que l'invariance de la matière n'est pas confirmée dans ce cas. Nous donnons seulement des résultats, objectifs ; nous n'avons pas recherché, dans cette expérience, le mécanisme enzymatique qui en est le moteur et constatons, fait déjà largement démontré, qu'en surcharge magnésienne il y a, chez l'animal une augmentation du calcium et du phosphore.

**M. Noilhan.** — Je suis obligé de dire que tout ceci est très impressionnant et je serais heureux d'avoir l'avis de M. Kervran en ce qui concerne l'objection que je fais, parce que je dois la faire, à savoir que, malgré tout, nous ne savons pas ce qui a pu se passer pendant toute la durée de l'expérience.

Nous supposons que tout a été régulier, mais derrière vous quelqu'un a peut-être faussé les données. Est-ce possible ?

**M. Kervran.** — Je veux bien me faire l'avocat du diable ! Ce coup de pouce ne me paraît pas possible a priori, d'abord parce que le bac dans lequel j'opérais, n'y avaient accès qu'un gardien et le propriétaire du Centre qui ne savait pas ce que je cherchais.

Donc, en supposant qu'il ait voulu ajouter du calcium, comment l'aurait-il fait ?

Il l'aurait fait d'abord sous une forme insoluble ? Immédiatement il aurait été retenu par le filtre, l'animal ne l'aurait pas pris, ou très peu.

S'il était sous forme soluble, là je n'avais peut-être pas de moyens de contrôle direct, mais dans ce cas il aurait fallu l'ajouter avec de l'eau.

Or, il n'aurait pas ajouté non plus de phosphore parce que l'eau ne contient pratiquement pas de phosphore, mais les eaux que l'on a dans cette région là, ce sont des eaux dont la teneur en cuivre n'est pas nulle. Elles sont assez riches en fer. La teneur en fer aurait augmenté alors qu'au contraire elle a diminué.

J'aurais donc pu m'apercevoir, à ce moment-là, qu'il y avait eu manipulation faite à mon insu. Il y avait un contrôle.

**M. Lavollay.** — Pour établir un bilan pondéral, par exemple celui du calcium, il faut connaître très exactement le poids de l'élément présent dans l'organisme et dans le milieu, au début et à la fin de l'expérience.

Le poids de l'élément en fin d'expérience a été effectivement déterminé (calcium présent dans l'animal + calcium présent dans l'eau).

Au début de l'expérience, seul le poids de l'élément présent dans l'eau pouvait être mesuré. Le poids du calcium présent

dans le homard ne pouvait être déterminé : on a *supposé* qu'il devait être égal à celui qui a été trouvé chez un seul autre homard. Le « bilan » repose entièrement sur cette *supposition*.

La probabilité d'identité de composition de *deux individus* est toujours faible ; c'est pourquoi les biologistes travaillent habituellement sur des lots d'animaux assez nombreux. Dans le cas du calcium, elle est ici encore plus difficile à admettre, puisque les homards étaient en période de mue. L'auteur déclare que « ces bilans non nuls sont bien connus des biologistes et en particulier des agronomes... » Il serait souhaitable qu'il indique, à cet égard, des références bibliographiques. Mais, il faut bien observer qu'il s'agit là d'une affirmation personnelle, en contradiction avec les données de la science expérimentale.

On observera aussi qu'il serait impossible de produire des carences minérales si un élément indispensable pouvait être formé, à partir d'autres éléments, dans un organisme vivant. C'est le contraire, en réalité, qui est observé, l'excès d'un autre élément aggravant généralement les conséquences de la carence.

Enfin, sur la méthode utilisée par l'auteur et sur ses conditions expérimentales, je me propose d'exprimer ultérieurement d'autres observations.

M. Kervran. — Je ne suis pas de votre avis. Nous avons fait des essais multiples qui ont montré que l'écart n'était que de quelques milligrammes sur le calcium total pour des animaux de même poids, de même taille, qui sont donc de même âge.

M. Hélin. — Si vos animaux ne varient pas, pourquoi une telle différence ?

M. Kervran. — Sur l'un j'ai trouvé 560, sur l'autre 561 ou 562. C'était donc insignifiant. 17 jours après, il y avait 1 g 900. Donc il y avait augmentation du calcium, quel que soit l'écart qu'il puisse y avoir entre les deux animaux. Là, on a fait des recherches multiples sur beaucoup de crustacés, l'écart est très peu sensible.

La variation se fait un peu avant la mue. Il y a accumulation du calcium dans l'hépatopancréas. Ce que l'on trouve en plus ne représente que le 40<sup>e</sup> environ de ce qu'il y a dans l'animal quelques jours après. Donc ce ne sont pas les réserves de l'hépatopancréas, qui ont augmenté, d'autant plus que ces réserves là elle-mêmes ont été dosées dans l'animal au moment de faire la mue. Je ne vois pas vos objections.

M. Noilhan. — L'objection faite par M. Lavollay est très pertinente.

Il est certain que ce ne sont pas les mêmes animaux. On ne sait pas exactement quelle était leur teneur précise à l'un et à l'autre. Vous n'avez pu calculer que par approximation.

Etant donné l'énormité des chiffres en matière de calcium, malgré tout, l'objection ne lèvera pas cet écart.

Mais tout de même il est certain que pour obtenir un bilan réel, complet, total, il faudrait faire jouer la loi des grands nombres, qu'un certain nombre d'animaux soient sacrifiés en même temps que celui qui doit former sa carapace. Sans aller jusqu'à de très grands nombres, il faut qu'un nombre suffisant d'animaux soient sacrifiés, peut-être 5 ou 6 pour qu'on puisse dire : Les variations entre les 5 ou 6 animaux déjà sacrifiés ne donnent que fort peu d'écart. Par conséquent, on peut tenir pour exact le chiffre moyen qui serait comparé en fin de compte avec le chiffre obtenu pour l'animal dont la mue aurait été complète.

Il est certain que l'intime conviction ne pourra s'établir que lorsque cette expérience aura été faite à cette échelle.

M. Barbier. — Je crois d'abord que nous devons remercier M. Noilhan d'avoir eu le courage de venir nous présenter cette brûlante question, et également M. Kervran d'être venu nous exposer ses résultats.

Je crois aussi que notre Académie doit exprimer un avis très clair, très ferme, sur la théorie des transmutations nucléaires par les êtres vivants, sinon il pourrait en rejaillir sur notre Compagnie un très grave discrédit...

M. Noilhan. — Non... non...

**M. Barbier.** — J'avoue que je suis incapable de discuter à brûle-pour point des résultats qui viennent de nous être présentés.

Il faut avoir le temps de considérer à tête reposée les conditions expérimentales, les erreurs d'analyse, etc. Ce n'est pas en quelques minutes que je puis en juger.

Je me placerai à un point de vue plus général, celui de l'hypothèse des transmutations par les êtres vivants.

Je pense, Monsieur le Président, qu'il est utile d'exposer ici de façon précise les discordances fondamentales qui existent entre les lois qui régissent les transmutations nucléaires que l'on peut étudier expérimentalement, aussi bien celles qui se produisent dans la nature que dans les piles atomiques ou autres appareils des physiciens, et les lois qui régiraient les transmutations envisagées par M. Kervran.

1° Le premier point sur lequel je voudrais insister c'est la possibilité, pour les agriculteurs, de constater dans leurs champs que ni les plantes ni les bactéries du sol n'ont la faculté de fabriquer les éléments qui leur manquent avec d'autres éléments. Les carences minérales ne peuvent être guéries que par la fourniture du ou des éléments manquants. Ceci est encore plus facile à constater dans les cultures sur milieux artificiels. S'il n'en était pas ainsi, les très belles découvertes sur la nutrition minérale des plantes, réalisées depuis la fin du siècle dernier, par d'illustres chercheurs comme Gabriel Bertrand, toutes ces recherches seraient une monumentale erreur.

2° La théorie des transmutations par les êtres vivants est une monstruosité du point de vue énergétique.

Toutes les transmutations nucléaires que l'on a pu étudier expérimentalement mettent en jeu des énergies énormes, qu'il est commode d'exprimer avec une grande unité, le mégaélectronvolt (Mev). C'est l'énergie acquise par un électron qui a été accéléré dans un champ électrique par une différence de potentiel d'un million de volts.

Or, la seule source d'énergie dont disposent les plantes, c'est la lumière. Je n'ai pas besoin de rappeler ici que la photosynthèse constitue la source unique d'« énergie vitale » sur terre, pour employer une expression des promoteurs de la

théorie en question. A l'échelle de l'atome, le quantum d'énergie lumineuse, le photon, est au maximum la 300 000<sup>e</sup> partie environ du mégaélectronvolt. Aussi les énergies mises en jeu dans les transmutations nucléaires connues et dans le phénomène de la vie sont sans commune mesure.

Il y a une dizaine d'années, j'ai assisté dans le bureau de M. Bustarret à une réunion avec un pionnier de la théorie des transmutations nucléaires chez les êtres vivants. Celui-ci nous a dit avoir constaté que des plantules contenaient davantage de certains éléments et moins d'autres éléments que les graines mises à germer, ce qui ne pouvait s'expliquer que par des transmutations. Aux objections formulées concernant les énergies mises en jeu, ce monsieur a répondu : « Aucune importance ; il n'y a qu'à changer les coefficients dans les formules de l'énergétique ».

Vous voyez ce que cela représente ! Ce n'est pas si commode de changer les coefficients de l'énergétique, par exemple de faire 3 millions de km en voiture avec 1 litre d'essence.

3° Autre invraisemblance, moins spectaculaire peut être, mais tout aussi probante, concernant les isotopes formés. D'après ce que j'ai pu lire sur cette théorie des transmutations chez les êtres vivants, le potassium par exemple pourrait être fabriqué par la réunion de sodium (23) et d'oxygène (16), ce qui donnerait du potassium 39. Or le potassium naturel est formé en majeure partie d'isotope 39, mais contient aussi environ 6 % d'un autre isotope stable, le potassium 41, avec une petite proportion de potassium 40 (radioactif). Cette composition isotopique est actuellement partout la même ; elle est identique dans les roches granitiques les plus anciennes et chez les êtres vivants ; elle n'a donc pas varié depuis l'origine de la terre (mise à part la décroissance radioactive de K 40).

Ainsi, de deux choses l'une : ou bien le potassium fabriqué par les êtres vivants contiendrait uniquement du potassium 39 (ou serait d'une composition isotopique indéterminée). Dans ce cas, ce phénomène « naturel » produirait un potassium qui n'a jamais existé dans la nature et qui n'existera jamais.

— Ou bien le potassium fabriqué aurait la même composition isotopique que le potassium natif, ce qui est encore plus invraisemblable puisque ce dernier n'a pu prendre naissance que bien avant la formation de la terre, à partir du plasma initial, à un moment où la température atteignait pour le moins des millions de degré.

4° Une autre invraisemblance, c'est la prodigieuse amplitude des bonds que les transmutations en question feraient franchir aux éléments dans la classification périodique. Ces transmutations feraient accomplir des sauts de plus de 10 unités aux nombres de masse, au lieu de 1 ou quelques unités dans les transmutations nucléaires connues, naturelles ou expérimentales (les fissions d'éléments lourds mises à part).

5° On pourrait allonger la liste des invraisemblances de la théorie en question (type des réactions nucléaires supposées ; absence de radioactivité des nouveaux nuclides formés). Je me contenterai de vous signaler le rendement d'une transmutation nucléaire qui se produit continuellement dans la nature, la transmutation de l'azote 14 de l'atmosphère en carbone 14 (radioactif), sous l'action des neutrons accompagnant le rayonnement cosmique. Ce rendement est de l'ordre de quelques centièmes de milliardième de milliardième par an. C'est-à-dire que la fraction de l'azote atmosphérique transmutée en carbone 14 par an est de l'ordre  $10^{-20}$ .

Il est heureux que les plantes disposent de sources d'éléments nutritifs autres que des transmutations de ce type naturel.

M. Guilhaon. — La discussion provoquée par la communication de notre confrère M. Henri Noilhan relative aux travaux de M. Kervran me paraît très importante à divers points de vue.

Tout d'abord il est souhaitable de ne point prendre d'emblée une attitude négative. Des exemples célèbres incitent à la prudence. Par ailleurs en laissant délibérément en dehors

de nos échanges de vues les hypothèses de transmutation de la matière par les êtres vivants, émises par M. Kervran, qui ne sont d'ailleurs pas évoquées dans la communication présentée à cette séance, la question se pose, me semble-t-il, très simplement de la façon suivante : ou bien les méthodes et les techniques employées ne sont point correctes et les résultats faux ou très contestables, ou bien l'expérimentation est irréprochable et les résultats exacts.

Sans insister sur la conduite à tenir dans le premier cas, il nous paraîtrait utile de retenir les faits significatifs dans le second, pour expliquer notamment d'une manière rationnelle cette grande différence de calcium trouvée à la fin des expériences. Nous pourrions proposer alors un protocole à M. Kervran et lui demander de nous faire connaître ultérieurement les résultats obtenus.

Il est bien évident qu'une expérience avec un seul homard ne peut être suffisante, même si elle n'était point contestée, pour entraîner la conviction. Il convient d'en faire de nombreuses pour procéder à un bilan utilisable.

**M. Lavollay.** — Nous mettrons dans la commission un spécialiste du homard pour commencer.

**M. Guilhaon.** — Je crois bon de préciser que je ne suis pas un spécialiste de la biologie du homard.

**M. Barbier.** — Si l'on admet qu'il n'y a pas eu transmutation, tout le monde est d'accord.

**M. Hénin.** — Malgré l'introduction très adroite de notre confrère et après audition du texte, je ne suis pas convaincu par les arguments qui ont été présentés.

Il me semble difficile, après une simple audition, de pouvoir discuter du détail du protocole expérimental, mais il y a des questions de principe qui permettent néanmoins de prendre position.

M. Kervran trouve plus de calcium qu'il y en avait en principe dans le milieu. Pour un expérimentateur, cela veut dire qu'il y a une erreur quelque part. Si comme on peut le supposer, le calcium résultait d'une transmutation, il faudrait

alors montrer quel élément a disparu pour donner naissance au calcium. Dans ces conditions les problèmes énergétiques qu'un tel phénomène pose devraient être évoqués. Sans cette vue d'ensemble qui correspond à quelques-uns des principes les plus fondamentaux sur lesquels repose la science, j'estime qu'il n'est même pas possible de publier ce travail. Au cas où cette note serait publiée je me réserve de revenir sur ce point dans une séance ultérieure.

M. Kervran. — Je suis très sensible à toutes ces remarques qui ont été faites. Il est certain qu'ici il s'agit de l'exposé d'un cas isolé. Ce n'est pas sur ce seul cas que je me serais prononcé, je m'en serais bien gardé. Il y a 10 ans que j'ai publié des travaux de ce genre. J'ai été chargé de faire des conférences à l'Institut National Agronomique sur ce sujet-là.

J'ai montré, dans ces conférences, quelles étaient les méthodes utilisables pour constater qu'il y avait des bilans non nuls. Je ne me prononce pas sur le phénomène biologique de transmutation, j'indique des résultats. Chacun peut en tirer les conclusions qu'il veut.

J'ai reçu une lettre de M. Pérès, qui est chef de laboratoire océanographique ; il appelle cela, lui, des « transpositions infraatomiques »... ne discutons pas sur le mot.

Mais c'est pour vous dire qu'il ne s'agit nullement d'un fait isolé. J'ai simplement voulu ici exposer un cas, je ne demande pas de conclusion. J'ai uniquement voulu apporter un élément de plus pour votre information, et c'est à la suite d'un grand nombre de communications de ce genre, qui pourraient vous être faites, que vous pourrez, ensuite, conclure. Ce n'est pas sur une expérience que l'on tire une conclusion, il n'y a pas de doute. Ce n'est qu'un élément de plus venant compléter les observations que vous aviez faites l'année dernière.

En ce qui concerne la comparaison isotopique, le problème est complexe. Je n'ai pas pu l'exposer ici. Il faudrait des heures pour l'exposer ; une expérience a été faite à Saclay sur ces travaux.

A Saclay, on a constaté, par exemple, que le phosphore pouvait provenir de l'azote, mais il ne s'agit pas de n'importe quel azote, il ne s'agit que de l'isotope 15. C'est l'isotope 15 qui, avec l'oxygène 16 donne le phosphore 31.

Autrement dit, le seul phosphore stable est le phosphore 31.

Si vous prenez de l'azote 14 avec l'oxygène 16, cela ne « colle » pas, vous avez du silicium finalement ; on a fait des appareils extrêmement sensibles, par scintillation, qui sont automatiques, qui enregistrent et l'on a vu qu'il n'y avait pas de formation de phosphores 30 ou 32 qui sont radioactifs (le 30 par  $^{14}\text{N} + ^{16}\text{O}$  ; le 32 par  $^{14}\text{N} + ^{18}\text{O}$ ).

Le premier est un émetteur Beta +, avec 3 Mev.

Le phosphore 32 est un émetteur Beta —, avec 1 Mev. Il était très facile de les détecter.

Or, il ne s'est pas produit de phosphore radioactif. Je m'en doutais depuis longtemps, parce que je n'ai jamais pu détecter d'opérations de radioactivité dans ce qui est produit par la nature en biologie.

Il y a là des énergies absolument incompatibles avec ce qui est mis en œuvre dans la vie. Mais nous ne pouvons pas non plus nous baser sur les résultats obtenus en physique nucléaire pour les transposer en biologie. La physique de la matière morte n'est pas transposable à la matière vivante.

Nous savons très bien que si nous voulons réunir, même en chimie, un atome d'azote et un atome d'oxygène, nous sommes obligés de passer par l'arc électrique alors que la nature le fait à froid. Il y a des procédés enzymatiques qui sont complètement différents de ce que fait la physique nucléaire.

D'ailleurs, tous les physiciens sont d'accord. Il ne s'agit pas de discuter sur des théories, car nos connaissances en physique nucléaire sont beaucoup trop imparfaites. Nous sommes incapables de dire comment est constitué un noyau d'atome ; personne ne peut le dire. Nous avons des vues générales, nous n'avons pas de vues précises. Et les procédés utilisés par les enzymes sont certainement totalement différents de ce que nous utilisons dans les accélérateurs de particules.

Donc, nous ne pouvons pas faire de comparaisons théoriques. Il n'y a qu'une chose qui compte, ce sont les résultats.

Il n'est pas non plus possible de dire qu'il n'y aurait pas de carence du fait des transmutations biologiques, ce n'est pas vrai, car ces transmutations ne se font pas n'importe comment et par n'importe quoi. La réaction donnant le

phosphore à partir de l'azote ne se produit qu'en milieu anaérobie ; nous sommes donc obligés de tenir compte de diverses circonstances ; il n'y a rien de simple en biologie. Il faut voir les conditions complexes dans lesquelles l'opération se présente ; ce sont ces conditions que l'on essaye d'appliquer à l'agriculture depuis une dizaine d'années.

Ici même, il a été fait des exposés montrant que le potassium emporté par les récoltes est très supérieur au potassium que l'on met dans le sol, y compris ce qui manque dans le sol.

Regardez la communication faite ici par M. Duthion, en 1966, revoyez les résultats ; il a obtenu des bilans négatifs, c'est-à-dire qu'il part plus de potassium que ce qui est apporté.

Reinbert, qui est chef de laboratoire de la Fondation Rothschild a fait la même constatation pour le potassium, aussi bien chez les plantes que chez l'homme.

M. Barbier. — Ce n'est pas une perte de potassium que j'ai constatée dans les recherches citées, mais un passage de potassium diffusible à l'état non diffusible.

M. Kervran. — Le dosage a été fait en cuve. On tient compte du potassium soluble, échangeable contre  $\text{NH}_4^+$ , du potassium « fixé ». On détermine ce dernier par le tétraphénylbore.

Ce qui manque, ajouté à ce qui a été introduit dans le sol, sous forme d'engrais soluble, est inférieur à ce qui a été emporté par les récoltes.

Mais je ne voudrais pas prolonger le débat. Même si nous allons vers des considérations théoriques, nous finirions par reconnaître que la science est incomplète. C'est ce qu'a dit le Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, M. L. de Broglie : « Nos connaissances actuelles en physico-chimie sont absolument insuffisantes pour expliquer toute la biologie ». Bien d'autres l'ont dit avec lui. De grands physiciens sont d'accord également. Mais ce qui importe, ce sont les résultats. J'ai voulu vous donner un échantillon en quelque sorte, un résultat.

M. le Président. — Je remercie notre confrère M. Noilhan et M. Kervran et aussi tous nos confrères qui sont intervenus dans cet important débat et qui ont mis en relief, avec beaucoup d'énergie, les diverses et importantes critiques que soulèvent les expériences qui viennent d'être exposées.

Le problème est grave ; les résultats indiqués ne sont que partiels et très insuffisants. Une question, en particulier nous a frappés M. Grillot et moi, comme d'ailleurs l'a fait remarquer M. Hénin. Il ne suffit pas de constater l'augmentation de tel ou tel élément. Pour conclure, il faut un bilan réel ce qui suppose une analyse quantitative complète de tous les éléments en cause, ce qui est loin d'avoir été fait.

M. Kervran. — J'ajouterai que, quand le calcium augmente, c'est le magnésium qui diminue, d'une façon générale, chez l'animal, et dans une graine en germination ; dans la rhizosphère c'est l'inverse, il y a production de magnésium à partir du calcium et je ne puis citer toutes les expériences le confirmant.