

BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

LA NOUVELLE
PSYCHOLOGIE ANIMALE

PAR

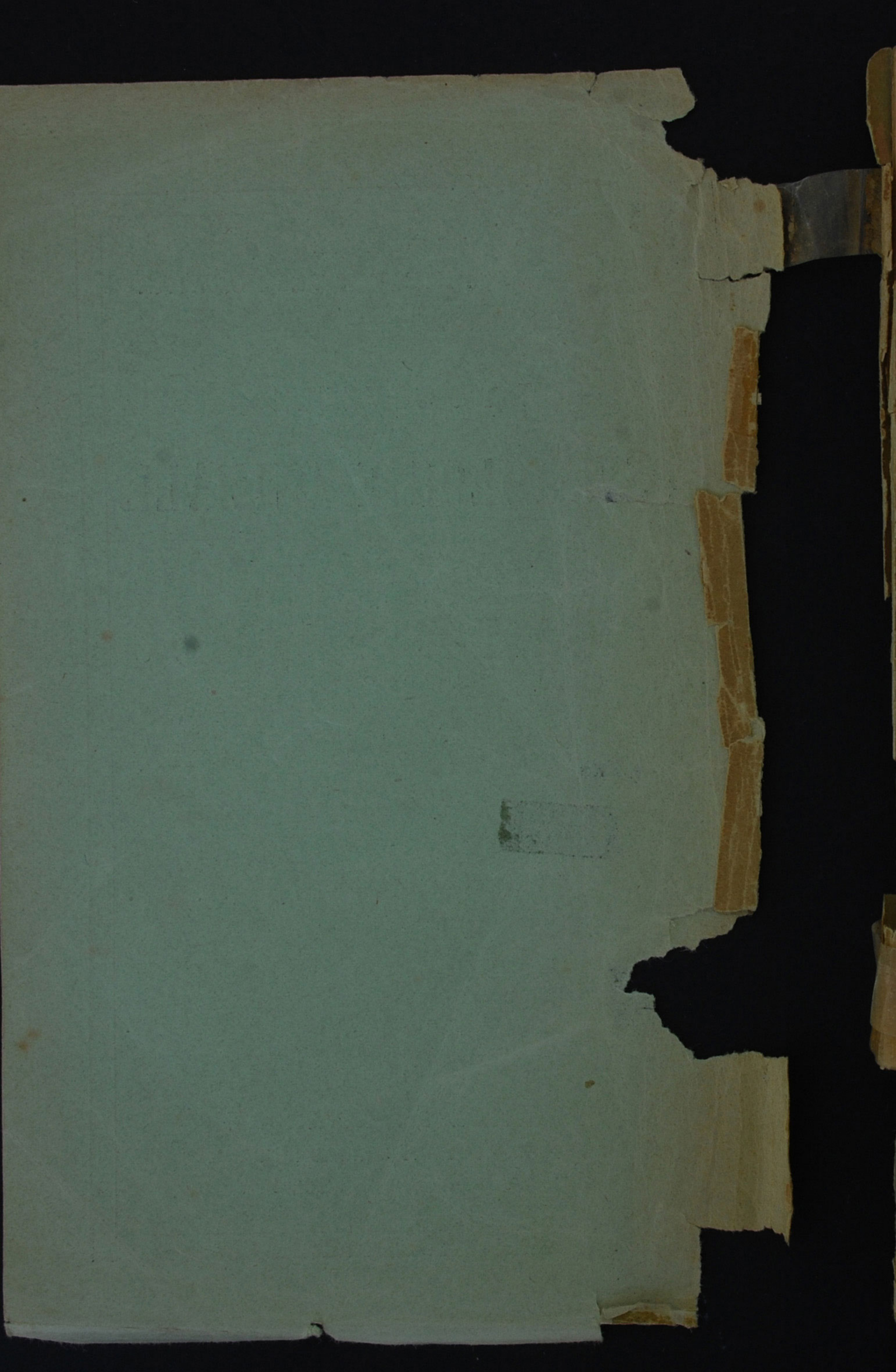
GEORGES BOHN

Directeur du laboratoire de biologie et psychologie comparée
à l'École des Hautes Études.

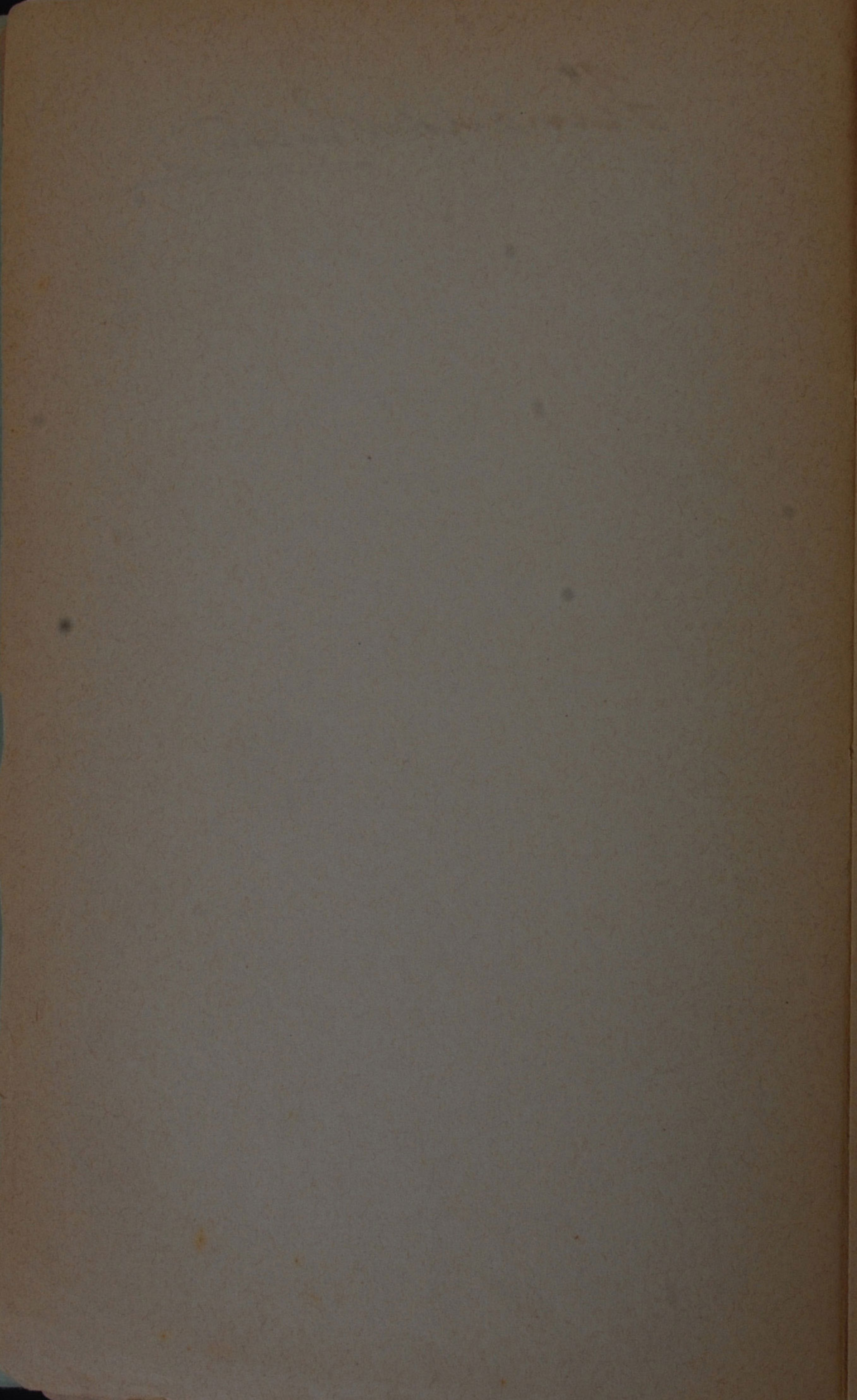
« L'idée de science est intimement
liée à celle de mécanisme et de déter-
minisme. » GIARD.

*Ouvrage couronné
par l'Académie des sciences morales et politiques.*

PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
MAISONS FÉLIX ALCAN ET GUILLAUMIN RÉUNIES
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108



Fernando Person



LA NOUVELLE

PSYCHOLOGIE ANIMALE

PRINCIPALES PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR

- L'Évolution du pigment. 1 vol. de la Bibliothèque *Scientia*, 1901.
- Des mécanismes respiratoires chez les Crustacés, essai de physiologie évolutive. *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1901.
- Attitudes et mouvements des Annélides, essai de psychophysiologie éthologique. *Annales des sciences naturelles*, 1906.
- Les Convoluta et la théorie des causes actuelles. *Bulletin du Muséum*, 1903.
- Introduction à la psychologie des animaux à symétrie rayonnée. 2 vol. in-8°, *Institut psychologique*, 1907.
- Attractions et oscillations des animaux sous l'influence de la lumière. 1 vol. in-4°, *Institut psychologique*, 1905.
- Impulsions motrices d'origine oculaire. 1 broch. in-8°, *Institut psychologique*, 1905.
- De l'évolution des connaissances chez les animaux marins littoraux. 1 vol. in-8°, *Institut psychologique*, 1903.
- Revue annuelle des travaux de psychologie comparée. *Année psychologique*, 1904 et 1905; *Institut psychologique*, 1906, 1907, 1908 et 1909 (en collaboration avec A. Drzewina).
- La Naissance de l'intelligence. 1 vol. de la Bibliothèque de Philosophie scientifique, 1909.
- Die Entstehung des Denkvermögens. 1 vol., Leipzig, Thomas, 1910.
- Alfred Giard et son œuvre. 1 vol., *Les Hommes et les Idées*, 1910.
-

LA NOUVELLE
PSYCHOLOGIE ANIMALE

PAR

GEORGES BOHN

Directeur du laboratoire de biologie et psychologie comparée
à l'École des Hautes Études.

« L'idée de science est intimement
liée à celle de mécanisme et de déter-
minisme. »

GIARD

*Ouvrage couronné
par l'Académie des sciences morales et politiques.*

PARIS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

MAISONS FÉLIX ALCAN ET GUILLAUMIN RÉUNIES

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

—
1911

Tous droits de traduction et de reproduction réservés.

AVANT-PROPOS

Ce livre est la suite et le complément de mon ouvrage : *la Naissance de l'Intelligence*. Dans celui-ci, j'ai cherché l'apparition du psychisme chez les animaux inférieurs ; dans celui-là, j'en montre l'épanouissement, d'une part chez les arthropodes, d'autre part chez les vertébrés.

Je m'efforce toujours de ramener la psychologie à la biologie, et j'indique aussi sous quel jour nouveau se présentent les problèmes biologiques (et psychologiques) si on les envisage du point de vue de la chimie physique. Je laisse, bien entendu, de côté les récits plus ou moins fantaisistes de l'ancienne psychologie, m'appuyant seulement sur les travaux les plus récents conçus dans un esprit réellement scientifique. La devise de ce livre indiquera de suite ce que j'entends par-là et

le peu de sympathie que je professe pour les explications finalistes.

C'est dans les leçons de mon cours libre à la Sorbonne que j'ai discuté pour la première fois les faits et les idées qui se trouvent exposés ici.

LA NOUVELLE PSYCHOLOGIE ANIMALE

INTRODUCTION

En 1900, trois physiologistes allemands, Bethe, Th. Beer et Uexküll, après avoir montré les erreurs et les exagérations de ceux qui s'occupaient de la psychologie des animaux, ont déclaré que : « pour le biologiste, il ne saurait y avoir de psychologie animale ». La question de la « légitimité » de la psychologie comparée a été, pendant quelques années, le sujet de discussions nombreuses et souvent passionnées. Malgré l'arrêt de mort prononcé contre elle, jamais la psychologie animale n'a été aussi vivante qu'à l'heure actuelle. Des biologistes de grande valeur n'ont pas hésité à apporter leur esprit de méthode et leur bon sens critique au service de cette science, et c'est surtout grâce à leur intervention qu'elle s'est trouvée complètement renouvelée. Au lieu de discuter sur la possibilité de connaître la vie consciente des animaux, on a entrepris l'analyse de leurs activités ; les expériences conduites avec toute la rigueur scientifique désirable ont remplacé le verbalisme stérile des psychologues d'antan.

le peu de sympathie que je professe pour les explications finalistes.

C'est dans les leçons de mon cours libre à la Sorbonne que j'ai discuté pour la première fois les faits et les idées qui se trouvent exposés ici.

LA NOUVELLE PSYCHOLOGIE ANIMALE

INTRODUCTION

En 1900, trois physiologistes allemands, Bethe, Th. Beer et Uexküll, après avoir montré les erreurs et les exagérations de ceux qui s'occupaient de la psychologie des animaux, ont déclaré que : « pour le biologiste, il ne saurait y avoir de psychologie animale ». La question de la « légitimité » de la psychologie comparée a été, pendant quelques années, le sujet de discussions nombreuses et souvent passionnées. Malgré l'arrêt de mort prononcé contre elle, jamais la psychologie animale n'a été aussi vivante qu'à l'heure actuelle. Des biologistes de grande valeur n'ont pas hésité à apporter leur esprit de méthode et leur bon sens critique au service de cette science, et c'est surtout grâce à leur intervention qu'elle s'est trouvée complètement renouvelée. Au lieu de discuter sur la possibilité de connaître la vie consciente des animaux, on a entrepris l'analyse de leurs activités ; des expériences conduites avec toute la rigueur scientifique désirable ont remplacé le verbalisme stérile des psychologues d'antan.

En Amérique, depuis une dizaine d'années, plusieurs centaines de travaux ont été publiés; les uns concernent les animaux inférieurs, et sont dus à Jacques Loeb, G.-H. Parker, Jennings, Holmes, Turner...; les autres sont relatifs aux vertébrés : ce sont ceux de Thorndike, Kinnaman, Yerkes, Watson, Berry... Grâce à Yerkes, la psychologie animale occupe une large place dans le *Journal of Neurology and Psychology*¹; le livre de M. Washburn, *Animal Mind*, est une excellente mise au point de tous les travaux récents.

En France, j'ai eu l'idée d'appliquer la méthode éthologique à l'étude des activités des animaux inférieurs, c'est-à-dire de considérer celles-ci comme des fonctions de multiples variables, en cherchant à déterminer la part du milieu extérieur, et j'ai été suivi en cela par un certain nombre d'auteurs.

De très importants travaux relatifs aux activités psychiques supérieures sont sortis du laboratoire de Pavlov à Saint-Petersbourg où la méthode de « salivation psychique » a été appliquée par Zéliony, Orbéli, Toropoff et autres.

A Genève, Claparède a beaucoup contribué par ses écrits à faire connaître les nouvelles tendances en psychologie comparée.

L'Allemagne et surtout l'Angleterre sont restées quelque peu en dehors du grand mouvement de rénovation de la psychologie animale. Les travaux publiés

1. A partir de janvier 1911, paraîtra à New-York la première revue spécialement consacrée à la psychologie animale, le *Journal of Animal Behavior*.

par les auteurs allemands ou bien sont des recherches de pure physiologie, ou bien sont conçus dans un esprit anthropomorphique. Récemment, Zur Strassen, de Leipzig, a essayé de protester contre ces tendances conservatrices dans sa brochure : *Die neuere Tierpsychologie*.

Nous ne pouvons mieux montrer l'importance qu'a prise la psychologie animale scientifique dans ces dernières années qu'en rappelant la part qui lui a été faite aux deux récents Congrès : celui de Zoologie, de Boston, (1907) et celui de Psychologie, de Genève (1909).

*
* * *

Malgré la quantité considérable des travaux publiés dans ces dernières années, la « nouvelle psychologie animale » n'a pas encore atteint un développement qui puisse satisfaire un esprit scientifique. On a perdu trop de temps à combattre la « vieille psychologie » ; on a accumulé beaucoup de faits nouveaux, et souvent sans essayer de chercher les liens qu'ils peuvent présenter entre eux ; certaines méthodes se sont montrées particulièrement fécondes, mais telle méthode qui donne d'excellents résultats dans un groupe d'animaux se montre tout à fait stérile dans un autre groupe.

Il m'a semblé que pour exposer l'état actuel de la psychologie animale, le mieux était de chercher à décrire d'une manière systématique les diverses tendances et les méthodes d'investigation, et pour cela

j'ai été conduit à partager le règne animal en trois grandes sections.

Tout d'abord je considérerai le monde si varié des animaux les plus inférieurs : infusoires, polypes, astéries, vers..., qui ne diffèrent pas extrêmement, quant aux réactions, de leurs frères du monde végétal, et qui comme ceux-ci ne sont guère sensibles qu'aux grands phénomènes naturels : lumière, gravitation, humidité, aération... Mais la matière dont ils sont faits est plus sensible et sait mieux garder les empreintes des excitations qu'elle reçoit. Peu à peu, à mesure que s'ébauche le système nerveux, les excitations deviennent sensations, celles-ci se combinent de façons variées, et, comme en même temps les réactions cessent d'avoir l'apparence de réponses directes aux stimulations extérieures, on a l'impression que l'animal s'affranchit de plus en plus vis-à-vis des forces du milieu ambiant.

Ce que l'on désigne sous la dénomination peut-être un peu trop vague de « psychisme » se perfectionne d'une façon considérable dans les deux groupes les plus spécialisés du règne animal : les arthropodes (articulés) et les vertébrés. Nous verrons plus tard l'importance du chimisme dans les questions que nous envisageons ici ; or, l'activité chimique des arthropodes et celle des vertébrés se montrent bien différentes : ce qui caractérise les arthropodes, c'est la chitine, ce qui caractérise les vertébrés, c'est l'os.

La chitine apparaît chez de petits animaux, les rotifères ; ce n'est encore qu'un « caractère ornemental », sans conséquences appréciables ; ailleurs, elle

entraîne des révolutions organiques qui ne conduisent rien moins qu'au crustacé et à l'insecte. Ceux-ci, avec leur carapace formée de pièces articulées et toutes hérissées de saillies chitineuses, avec leur carapace marquée de taches pigmentaires, dont certaines sont devenues des yeux perfectionnés, sont tout extériorisés, et tout sensibilité. Chez eux, les sensations s'affinent et s'associent, il s'agit non seulement de sensations d'origine externe, mais encore d'origine interne : chaque mouvement est accompagné de sensations (sensations musculaires), ces sensations déclenchent le mouvement suivant. Il y a ainsi des chaînes de sensations et de mouvements créées par les habitudes : une activité commencée doit se dérouler complètement : on a vu dans le fait que souvent rien n'en peut distraire l'animal une manifestation de la faculté d' « attention » ; l'insecte se rapprocherait de l'homme ; en réalité il ne faut voir là que l'incapacité de se soustraire à certaines sensations ; l'animal reste toujours sous la dépendance des sensations les plus fortes.

Le cartilage, l'os, apparaissent chez des animaux nageurs, les poissons, et cela tout particulièrement dans la tête : le crâne se constitue ; peut-être du fait de la protection de cette boîte osseuse, le tissu nerveux s'est développé, ce qui a conduit d'abord aux premières ébauches, et ensuite à l'épanouissement du cerveau. A mesure que l'on s'élève dans le groupe des vertébrés, la masse de matière nerveuse céphalique grossit et s'organise petit à petit en ce merveilleux appareil d'associations qu'est le cerveau. Avec le cer-

veau, c'est l'épanouissement de l'intelligence, et le maximum d'indépendance vis-à-vis des forces du milieu extérieur.

Nous ne sommes plus au temps où l'on considérait le règne animal comme une série linéaire, et où l'on faisait dériver les vertébrés des arthropodes. Comme l'a montré Bergson, dans son livre *L'Évolution créatrice*¹, ces deux groupes représentent deux directions différentes suivant lesquelles s'est déroulée l'évolution.

« Sur les deux voies où évoluèrent séparément les vertébrés et les arthropodes, le développement (abstraction faite des reculs liés au parasitisme ou à toute autre cause) a consisté avant tout dans un progrès du système nerveux sensorio-moteur. On cherche la mobilité, on cherche la souplesse, on cherche — à travers bien des tâtonnements, et non sans avoir donné d'abord dans une exagération de la masse et de la force brutale — la variété des mouvements. Mais cette recherche elle-même s'est faite dans des directions divergentes. Un coup d'œil jeté sur le système nerveux des arthropodes et sur celui des vertébrés nous avertit des différences. Chez les premiers, le corps est formé d'une série plus ou moins longue d'anneaux juxtaposés; l'activité motrice se répartit alors entre un nombre variable, parfois considérable, d'appendices dont chacun a sa spécialité. Chez les autres, l'activité se concentre sur deux paires de membres seulement, et les organes accomplissent des fonctions qui dépendent beaucoup moins étroitement de leur forme... »

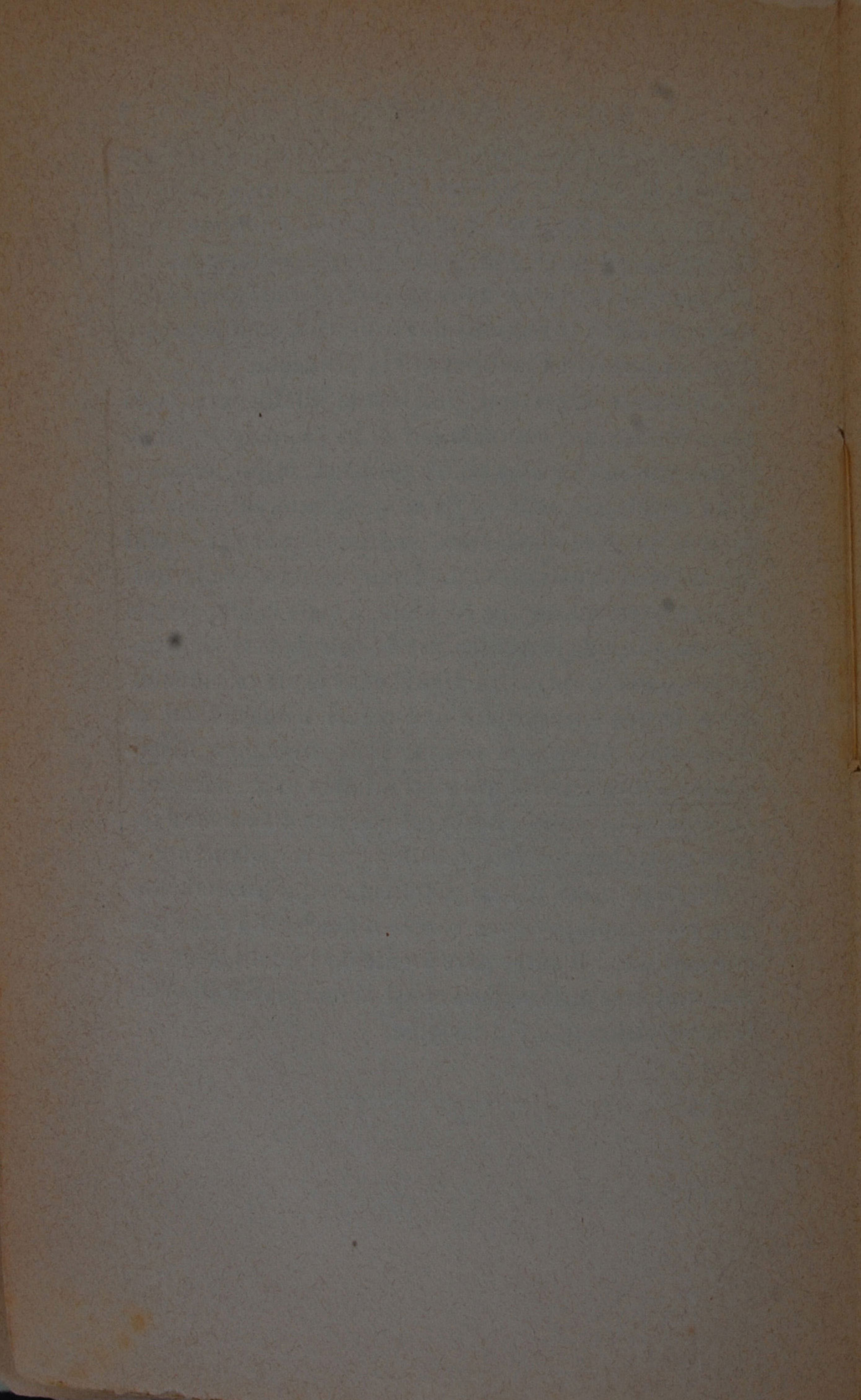
1. H. BERGSON. *L'Évolution créatrice*, Bibliothèque de Philosophie contemporaine, F. Alcan, 1907.

Par des chemins différents, on arriverait ainsi d'une part à la fourmi, d'autre part à l'homme. Mais la fourmi c'est l'instinct le plus typique, l'homme, c'est l'intelligence dans son plus bel épanouissement. Et Bergson est conduit à nous montrer d'une façon saisissante les deux directions de l'évolution dont les aboutissants seraient l'instinct et l'intelligence.

N.B.

« Torpeur végétative, instinct et intelligence, voilà les éléments qui coïncidaient dans l'impulsion vitale commune aux plantes et aux animaux, et qui, au cours d'un développement où ils se manifestèrent dans les formes les plus imprévues, se dissocièrent par le seul fait de leur croissance. L'erreur capitale, celle qui, se transmettant depuis Aristote, a vicié la plupart des philosophies de la nature, est de voir dans la vie végétative, dans la vie instinctive et dans la vie raisonnable trois degrés successifs d'une même tendance qui se développe, alors que ce sont trois directions divergentes d'une activité qui s'est scindée en grandissant. La différence entre elles n'est pas une différence d'intensité, ni plus généralement de degré, mais de nature. »

S'il en est ainsi, il n'est pas étonnant que les méthodes que l'on applique avec succès d'une part à l'analyse des instincts, d'autre part à celle de l'intelligence, se trouvent être différentes et c'est là une justification de la subdivision que j'ai adoptée.



PREMIÈRE PARTIE

ANALYSE EXPÉRIMENTALE DES ACTIVITÉS CHEZ LES ANIMAUX INFÉRIEURS

I

APPLICATION DE LA CHIMIE PHYSIQUE A LA PSYCHOLOGIE

Dans l'étude des activités des animaux inférieurs, un point de vue s'est montré des plus féconds : celui de la chimie physique. Pour Jacques Loeb, les animaux sont des « machines chimiques », et l'analyse scientifique des phénomènes dit psychiques doit avoir pour but d'établir les lois physico-chimiques qui régissent ceux-ci. Cet auteur a réussi à montrer que, dans certains cas au moins, ceci est possible, et je vais citer ici les résultats les plus remarquables de l'application de la chimie physique à la psychologie¹.

1^{er} Cas. — Un animal qui reçoit la lumière latéralement tourne automatiquement jusqu'à ce qu'il vienne faire face à la lumière.

1. Voir le rapport de Jacques LOEB au Congrès de Genève (1909), et *die Bedeutung der Tropismen für die Tierpsychologie*, Leipzig, 1909.

Ici, il y aurait à tenir compte de deux facteurs : l'action photo-chimique de la lumière, la structure symétrique du corps.

En ce qui concerne l'action photo-chimique de la lumière, on sait aujourd'hui qu'un grand nombre de réactions chimiques présentées par les corps organiques, et en particulier les oxydations, sont influencées par la lumière. On se rapportera à cet égard, non seulement aux travaux de Loeb, mais encore à ceux de Luther, de Neuberg, de Ciamician, de Wolfgang Ostwald. D'après les faits déjà nombreux que nous font connaître ces auteurs, on est autorisé à admettre que l'action de la lumière sur les animaux et les plantes se réduit en dernière analyse à ce que la lumière modifie la vitesse des réactions chimiques dans les cellules de la rétine ou autres points sensibles à la lumière de l'organisme ; à mesure que l'intensité de la lumière s'accroît, la vitesse de certaines réactions chimiques, des oxydations en particulier, augmente suivant une loi déterminée qui est à l'étude pour le moment.

D'autre part, quand on parle de structure symétrique de l'animal, on ne veut pas dire seulement qu'il y a une symétrie morphologique, on entend encore qu'il y a une symétrie chimique. Les points symétriques du corps ont une constitution chimique identique et présentent les mêmes échanges de matières, tandis que les points non symétriques ont une constitution chimique différente et présentent en général des échanges qui peuvent différer aussi bien quantitativement que qualitativement.

Dans le cas que nous avons considéré, celui d'un éclairage latéral, l'une des rétines est plus éclairée que l'autre, les réactions chimiques, par exemple les oxydations organiques, y sont accélérées, et, par suite, il y a des modifications chimiques plus considérables dans un des nerfs optiques que dans l'autre. Cette inégalité des réactions chimiques se transmet des nerfs sensibles aux nerfs moteurs et finalement aux muscles innervés par ceux-ci. En conséquence, les muscles présentent une activité plus grande d'un côté que de l'autre. L'inégalité de l'activité musculaire de part et d'autre du plan de symétrie entraîne nécessairement le changement de la direction suivie par l'animal.

Telle est l'explication donnée par Loeb d'un phénomène bien connu, l'*héliotropisme*, et dont un exemple typique est fourni par les pucerons ailés qui quittent un bouquet de branches desséchées pour voler vers la fenêtre éclairée. « Quand il n'y a qu'une seule source de lumière et que les rayons frappent l'animal latéralement, les muscles rotateurs de la tête et du corps présentent, du côté éclairé, une tension et une activité plus grandes que du côté opposé. Par suite la tête et le corps de l'animal sont amenés à faire, face à la lumière. Dès que l'orientation est réalisée, les deux rétines sont également éclairées, et les muscles des deux côtés du corps travaillent avec la même intensité. Il n'y a donc plus de raison pour que l'animal s'écarte de cette direction dans un sens ou l'autre. Il est conduit automatiquement à la lumière. »

Il est intéressant de rappeler ici que, pour expliquer

le vol des insectes vers la lumière, on a invoqué pendant longtemps la « volonté » de l'animal. Or, comme on vient de le voir, l'insecte serait soumis à la lumière comme la pierre qui tombe est soumise à la gravitation ; cependant il ne faudrait pas prendre à la lettre cette comparaison ; Loeb lui-même fait observer que « tandis que l'action de la gravitation sur la pierre qui tombe est directe, l'action de la lumière sur le puceron est indirecte, car c'est par suite de l'accélération des réactions chimiques que l'animal est entraîné à se mouvoir dans une direction déterminée. »

2^e Cas. — Un cas plus difficile à expliquer est celui de l'animal qui tourne jusqu'à ce que la trajectoire qu'il décrit vienne coïncider avec la verticale ou tout au moins avec la ligne de plus grande pente.

Voici ce que, il y a 12 ans, Jacques Loeb a imaginé à cet égard. Dans les cellules sensibles à la pesanteur se trouveraient deux substances de poids spécifique différent, par exemple deux substances liquides non miscibles, ou difficilement miscibles, ou encore une substance solide et une liquide. Si la direction du corps de l'animal est oblique par rapport à celle de la pesanteur, la position réciproque de ces deux substances ne sera pas la même d'un côté du corps et de l'autre. Or, cette différence dans la position relative des éléments peut entraîner une différence dans la vitesse des réactions. Et les conséquences sont les mêmes que dans le cas d'un animal éclairé latéralement. On peut parler de *géotropisme*.

3^e cas. — Un animal à héliotropisme nul ou faible

peut être transformé en un animal à héliotropisme fort par l'introduction d'une certaine substance chimique.

L'exemple des petits crustacés (copépodes) d'une mare ou d'un lac d'eau douce est très frappant. Placés dans un aquarium éclairé d'un seul côté, la plupart paraissent ne se soucier guère de la lumière. « Mais il suffit d'ajouter à l'eau un peu d'acide pour que d'un coup tout soit changé. Le mieux est d'employer l'acide carbonique, qui diffuse facilement à travers les cellules ; on verse lentement quelques centimètres cubes d'eau contenant de l'acide carbonique dans 50 centimètres cubes d'eau douce. Si l'on a ajouté la proportion convenable, les animaux deviennent, dans l'espace de quelques minutes, positivement et fortement héliotropiques, se dirigent, autant que le leur permettent les conditions mécaniques de leur locomotion, en ligne droite vers la lumière et restent groupés dans la portion la plus éclairée de l'aquarium... » Comment l'acide produit-il cet effet ? Nous admettons, dit Loeb, qu'il agit comme un *sensibilisateur*. La lumière détermine des transformations chimiques, par exemple des oxydations, à la surface du corps de l'animal, en particulier dans la rétine... La quantité des substances photochimiques qui sont transformées par la lumière est souvent assez faible, de sorte que, même quand la lumière n'éclaire l'animal (copépode) que d'un seul côté, la différence entre les masses des produits formés de part et d'autre du plan médian est si insignifiante qu'elle ne détermine pas dans la tension des muscles des deux côtés du corps le contraste suffisant

pour entraîner la rotation de l'animal vers la source lumineuse. Mais l'acide ajouté peut agir à la façon d'un catalyseur. D'après Stieglitz, dans la catalyse de certains corps organiques, l'acide ne fait qu'augmenter la masse des substances qui subissent la transformation. Afin de fixer provisoirement nos idées, admettons que l'acide rend les animaux plus fortement héliotropiques parce qu'il augmente la masse active de la substance photochimique. De sorte que la lumière, qui, un instant auparavant, ne déterminait aucune réaction héliotropique, peut en provoquer maintenant une très accentuée parce que, à la suite de l'augmentation de la masse active de la substance photosensible, l'animal étant placé latéralement par rapport à la lumière, la différence dans la proportion des substances décomposées par la lumière de part et d'autre du plan médian devient rapidement si grande que la différence dans la tension des muscles du côté droit et du côté gauche est suffisante pour entraîner la rotation automatique de la tête vers la source de lumière. »

Un abaissement de température, qui retarde la destruction de la substance [photosensible, produit le même effet.

*
* *

Ainsi les tropismes « sont déterminés par la vitesse relative des réactions chimiques qui ont lieu simultanément dans les éléments symétriques de la surface de l'animal ». Loeb a fait connaître une seconde

classe de phénomènes qui, eux, « sont déterminés par un *changement* brusque de la vitesse des réactions chimiques dans un même élément de la surface », et il a groupé ces phénomènes sous la dénomination de « sensibilité différentielle ». L'exemple le plus simple est celui du ver tubicole qui se rétracte sous l'influence d'une ombre portée.

Voici un cas intéressant : Après une suite d'excitations, l'animal cesse de se rétracter, perd sa sensibilité spéciale vis-à-vis de l'excitant dont on s'est servi.

D'une façon générale, une excitation entraîne une variation de la vitesse de certaines réactions chimiques dans les cellules périphériques, et par suite dans les nerfs, les cellules nerveuses des centres, et finalement les muscles ; elle se traduit finalement pour l'organisme par un *déficit de certaines substances particulièrement actives*. D'une excitation à la suivante, l'appauvrissement en ces substances actives va en s'accroissant, et, les masses actives n'étant plus suffisantes, la réaction considérée ne se produit plus. Il est évident que le déficit est d'autant plus accentué qu'on est plus près de l'excitant, par conséquent de la périphérie : il peut y avoir une sorte de « fatigue sensorielle » alors qu'il n'y a pas encore « fatigue musculaire ». Il faut laisser le temps aux substances chimiques de se reformer, laisser le temps à l'organisme de se « reposer », comme on dit dans le langage courant.

Il est intéressant de rappeler ici que, pour expliquer ces phénomènes, on a invoqué parfois la *mémoire* de l'animal. Cependant le mécanisme physico-chi-

mique de la mémoire élémentaire doit être tout autre. Il s'agit, dans ce dernier cas, non d'un *déficit* momentané d'une certaine substance active fabriquée *habituellement* par l'organisme, mais bien de la transformation chimique, plus ou moins durable, d'une au moins des substances actives.

En définitive, la chimie physique nous conduit à reconnaître chez les animaux les plus inférieurs trois ordres principaux de phénomènes : les *tropismes*, la *sensibilité différentielle*, la *mémoire cellulaire*.

On peut, on doit attendre beaucoup de l'application de la chimie physique à l'étude des réactions des animaux inférieurs. On n'est encore qu'aux débuts de cette application ; les résultats obtenus par J. Loeb sont fort encourageants. J'indiquerai plus loin quelques tentatives que j'ai faites dans la même voie.

II

ESSAIS DE MÉCANIQUE ANIMALE

Une variation déterminée dans les réactions chimiques de l'animal peut entraîner un mouvement déterminé. Plusieurs mouvements peuvent se produire simultanément et se combiner d'après les lois de la mécanique.

Il résulte de mes travaux que les mouvements des tropismes et ceux produits par la sensibilité différentielle n'ont pas les mêmes caractères et qu'ils peuvent se combiner les uns avec les autres. A cet égard, je répéterai ici ce que j'ai dit dans le rapport que j'ai présenté au récent congrès de psychologie de Genève¹, et qui a complété les considérations de chimie physique développées par Loeb.

« Considérons un animal ayant un plan de symétrie, et dont la locomotion résulte par exemple de mouvements musculaires. Deux cas peuvent se présenter : ou bien ce sont des muscles différents qui fonctionnent à droite et à gauche du plan médian, ou bien les muscles en action sont les mêmes des deux côtés du corps.

« Il peut se faire que les muscles du côté droit déter-

1. G. BOHN. *Rapport sur les tropismes*, Congrès de Genève, 1909.

minent, par leurs contractions rythmiques, le mouvement d'arrière en avant des appendices, alors que les muscles du côté gauche déterminent le mouvement latéral des appendices symétriques. Dans ces conditions, l'animal tourne sur lui-même. C'est le « pas de valse » des auteurs, ou encore la « rotation en diamètre de cercle ». Il y a en ce cas une coordination motrice toute spéciale entre les deux côtés du corps. » C'est là un des mouvements fréquents dans la *sensibilité différentielle*.

« Quand les muscles agissent de même à droite et à gauche du plan de symétrie, il y a encore coordination motrice, mais moins complexe; et, le plus souvent, celle-ci entraîne, non la rotation sur place, mais la marche en ligne droite. Il peut se faire, cependant, que la trajectoire s'incurve plus ou moins à droite ou à gauche, et sans qu'il y ait lieu pour cela de faire intervenir une nouvelle coordination motrice ». Ceci a lieu dans le cas où les deux côtés du corps sont inégalement excités, c'est-à-dire dans le cas des *tropismes*. Dans le chapitre précédent, nous avons analysé le mécanisme physico-chimique de ces phénomènes. Dans le tropisme, l'animal, après avoir décrit un « mouvement de manège » (arc de cercle), arrive forcément à la position pour laquelle les deux côtés du corps reçoivent une égale excitation de la part du milieu extérieur, position d'équilibre stable.

Il résulte de ce qui précède qu'un animal placé en un point, dans une direction quelconque, peut arriver à prendre la position d'équilibre stable de deux façons différentes : 1° en tournant *sur place* d'un cer-

tain angle ; 2° en décrivant *pendant son déplacement* une certaine courbe. La *sensibilité différentielle* rentre en général dans le premier cas ; les *tropismes* dans le second.

A. — Tropismes.

J'ai indiqué plus haut comment du point de vue de la chimie physique on conçoit les tropismes vrais. Ceux-ci résulteraient d'une différence dans la vitesse de certaines réactions chimiques à droite et à gauche du plan de symétrie. S'il s'agit de la croissance d'une tige, celle-ci se fait plus activement d'un côté que de l'autre, et la tige se courbe. S'il s'agit de la progression d'un animal, les mouvements sont plus actifs d'un côté que de l'autre, et la trajectoire s'incurve. Le tropisme se présente à nous comme le résultat forcé d'une asymétrie entre les *mêmes* activités considérées à droite ou à gauche du plan de symétrie de l'être vivant ou de l'organe considéré ;... quant aux activités, elles peuvent être simples ou complexes, cela n'a aucune importance au point de vue envisagé.

Ce sont donc des considérations de symétrie et d'asymétrie qui ont conduit à la notion des tropismes.

J'ai donné de ceux-ci un double critère objectif.

1° Un animal est soumis à l'influence d'une seule source de lumière ; s'il y a tropisme, il se dirige vers elle ; mais il peut en être de même dans le cas où il n'y a pas tropisme, par exemple dans le cas de l'homme qui se dirige le soir vers une maison éclairée. En effet, si nous nous trouvions perdus la nuit dans

une forêt et si nous venions à apercevoir deux lumières dans des directions différentes, d'abord nous hésiterions, puis nous irions vers l'une ou vers l'autre lumière, notre *choix* étant déterminé par des considérations diverses (éclat plus grand d'une lumière, facilité plus grande pour l'atteindre, etc.). L'animal inférieur ne se comporte pas de cette façon : quand il est soumis à deux sources de lumière, il ne se dirige pas vers l'une ou l'autre, mais il prend une direction intermédiaire, de façon que les éclaircissements des deux côtés du corps soient égaux ; il n'y a tropisme que dans ce second cas.

J'ai pu appliquer ce critérium à certains mollusques, comme les littorines, et aux étoiles de mer.

2° Un animal semble se diriger vers un certain but A. On détruit la symétrie des organes de réception ou de conduction (noircissement d'un œil, section unilatérale des voies nerveuses qui réunissent cet œil aux muscles) ; immédiatement après deux cas peuvent se présenter : ou bien l'attraction de l'animal par l'objet A continue à se manifester, et on ne saurait plus invoquer pour expliquer celle-ci un tropisme ; ou bien, au contraire, l'animal se met à effectuer un mouvement de manège ; on reconnaît ainsi que l'organisme obéissait à l'inégale excitation des deux côtés du corps, et on peut parler de tropisme.

Ces deux critères étaient indispensables à donner, car on a employé fréquemment le mot « tropisme » dans les acceptions les plus diverses. On doit les retenir car, dans l'analyse des instincts, nous aurons à rechercher si certains éléments sont des tropismes.

A mesure qu'on s'élève dans l'échelle animale, les tropismes sont englobés en quelque sorte par des activités plus complexes, dérivées de la « mémoire associative ».

Dans les tropismes, l'animal tourne automatiquement en quelque sorte jusqu'à ce qu'il atteigne la position d'équilibre stable que nous avons définie plus haut. Quand plusieurs tropismes sont en jeu, les diverses impulsions qui en résultent pour l'animal se combinent d'après les lois de la mécanique. Dans les tropismes, l'animal suit un chemin que l'on peut déterminer à l'avance, si l'on tient compte de l'état chimique du moment. On dit souvent que le mouvement est irrésistible, mais il ne faut pas oublier que le tropisme peut être perturbé, et qu'il y a d'autant plus lieu de tenir compte des perturbations, que le tropisme est plus faible, autrement dit que l'asymétrie chimique déterminée par des excitations asymétriques est moins prononcée.

B. — Sensibilité différentielle.

La notion de sensibilité différentielle a été introduite en psychologie animale par J. Loeb et par moi-même, et a été appliquée à des faits dont certains étaient connus depuis longtemps. Le mérite de Loeb est d'avoir bien distingué ce qui était sensibilité différentielle et ce qui était tropisme, car à cet égard il y a eu des confusions regrettables. J'ai fait un large emploi de cette notion ; j'ai en particulier déterminé les lois du phénomène, et c'est ce qui m'a permis de pous-

ser assez loin l'analyse expérimentale des actes des animaux. Dans mon livre : *la Naissance de l'intelligence*¹, je me suis efforcé de mettre en évidence l'importance de cette nouvelle notion, dont il y a quelques années on parlait à peine.

Dans beaucoup de cas, des mouvements très simples permettent à l'organisme d'échapper à la variation des diverses forces du milieu extérieur; ces mouvements ne seraient que la conséquence des lois des équilibres chimiques, d'après les plus récents travaux.

Voici quelques cas de sensibilité différentielle.

1° Vis-à-vis de la lumière. — Un animal qui a un phototropisme positif et qui arrive à la limite d'une ombre peut se comporter de diverses façons suivant l'importance relative des phénomènes chimiques qui sont en jeu. Il peut franchir la limite. Il peut s'arrêter purement et simplement. Il peut reculer. Le plus souvent il *tend* à effectuer une rotation de 180° sur lui-même, de manière à se retourner complètement et à marcher du moins pendant un certain temps dans le sens opposé au sens primitif de la marche. La tendance se réalise plus ou moins : on peut n'observer qu'une déviation momentanée du chemin prescrit par le tropisme; après quelques oscillations de part et d'autre de ce chemin, celui-ci ne tarde pas à être repris.

En somme, le plus souvent, la variation d'éclaircissement détermine une *impulsion rotative*, qui peut être plus ou moins forte suivant l'amplitude de la varia-

1. G. BOHN. *La Naissance de l'intelligence*, Bibliothèque de Philosophie scientifique, 1909.

tion et la rapidité avec laquelle elle s'est accomplie.

2° Vis-à-vis de la gravitation. — Si un animal monte une pente et si on change brusquement l'inclinaison de la pente, souvent il tourne de 180° et revient en arrière.

Voici un fait très frappant que j'ai observé. Une étoile de mer est dans un cylindre à grand axe horizontal; elle est fixée, suivant la génératrice supérieure, les pieds contre le verre, c'est-à-dire dirigés vers le haut; brusquement on tourne le cylindre de 180° sur lui-même; l'animal se trouve alors contre la génératrice inférieure, les pieds dirigés vers le bas; et, c'est là le fait curieux, il se retourne de manière à conserver sa position dans l'espace, c'est-à-dire détache les pieds du support, pour les amener vers le haut. Cela ne dure d'ailleurs qu'un instant : l'étoile de mer applique de nouveau ses pieds contre la paroi solide.

3° Vis-à-vis de la surface des corps solides (ancien stéréotropisme des auteurs).

4° Vis-à-vis des substances chimiques (ancien chimiotropisme des auteurs). — Autour d'une goutte d'acide chlorhydrique versée dans l'eau, des infusoires, par exemple, se pressent bientôt en rangs serrés; quand ils arrivent à la limite de l'eau pure et de l'eau acidulée, ils s'arrêtent ou reculent comme beaucoup d'animaux le font à la limite des ombres.

Souvent, comme il résulte des observations de Jennings, la sensibilité différentielle se manifeste par l'accumulation des animaux dans certaines régions du milieu où ils se déplacent, régions qui se com-

portent comme des *pièges*. Les animaux qui entrent facilement dans l'ombre et en sortent difficilement se rassemblent forcément dans les ombres portées sur le fond.

Les mouvements par lesquels la sensibilité différentielle se manifeste se font en quelque sorte automatiquement; ils semblent résulter d'impulsions auxquelles l'animal ne saurait résister.

C. — Combinaison des tropismes avec les manifestations de la sensibilité différentielle.

J'ai beaucoup étudié les combinaisons des tropismes avec les manifestations de la sensibilité différentielle. Là où Jennings décrit des mouvements se faisant sans règles, des « mouvements de hasard », je vois souvent des résultantes de mouvements déterminés et que l'on peut, dans certaines conditions, prévoir à l'avance. J'ai pu arriver à ce résultat parce que, auparavant, j'avais réussi à établir certaines lois de la sensibilité différentielle, entre autres certaines relations entre la sensibilité différentielle et les tropismes. Voici quelques-unes de ces relations.

1° Quand le tropisme est positif, l'animal ne réagit qu'à une variation négative de l'excitant; quand le tropisme est négatif, c'est l'inverse.

2° En général, le même animal présente à la fois les deux modes de réponses suivants : reculs, rotations sur place; suivant les cas, l'un ou l'autre mode prédomine; les rotations prédominent dans les trois circonstances suivantes : a) quand l'axe de l'animal se

rapproche de la direction perpendiculaire à celle des tropismes ; *b*) quand le système nerveux a subi une altération unilatérale ; *c*) quand l'organisme est soumis à une série d'excitations qui se suivent de près.

Mes observations ont surtout porté sur les étoiles de mer.

Si on considère de jeunes étoiles de mer, très actives, on les voit en général se diriger *directement* vers les surfaces d'ombre et de lumière, selon le signe du phototropisme ; si l'animal est sollicité à la fois par deux surfaces agissantes, il se dirige non vers l'une ou vers l'autre, mais dans une direction intermédiaire. L'orientation est directe ; l'être vivant est attiré sans qu'il puisse résister ; les attractions se combinent d'après les lois de la mécanique : il y a *tropisme* au sens de Loeb.

Mais si on considère des étoiles de mer plus âgées, c'est en général tout autre chose : elles ne se dirigent *pas directement* vers la surface d'ombre à laquelle elles arrivent finalement ; l'orientation n'est plus directe.

J'ai consacré un long mémoire¹ à l'analyse du phénomène. Suivant l'impulsion initiale, l'animal part dans telle ou telle direction ; puis il s'éloigne et se rapproche alternativement de l'ombre, tournant sur lui-même ou changeant de bras directeur. L'attraction par la surface d'ombre se combine avec des oscillations qui résultent des variations d'éclairement subies. Parfois l'animal loin de s'orienter directement par rapport à la surface d'ombre n'arrive à cette orientation

1. BOHN. Les essais et les erreurs chez les étoiles de mer, *Institut psychologique*, 1907.

qu'après s'être placé successivement dans les diverses directions de l'espace... En réalité, l'être vivant est entraîné *en quelque sorte fatalement* par trois impulsions qui se combinent (comme les mouvements en mécanique) : 1° impulsion au moment initial, résultat de l'état immédiatement antérieur ; 2° impulsion vers l'ombre (tropisme) ; 3° impulsion rotative ou oscillatoire (sensibilité différentielle) ; l'intensité de ces impulsions est variable suivant les contrastes d'éclairément et suivant l'état physiologique et le coefficient individuel : en tenant compte de l'état physiologique présent, du coefficient individuel, on peut apprécier en quelque sorte l'intensité de chaque impulsion et tracer à l'avance le chemin qui sera suivi dans des conditions déterminées : *on peut prévoir ce qui se passera* ; il semble que l'étoile de mer soit incapable de modifier sa marche ; il y a une sorte de précision mathématique ; évidemment il suffirait d'introduire de nouvelles variables pour l'altérer.

J'ai fait de nombreuses autres applications ; et partout l'animal s'est montré esclave de diverses impulsions.

III

INTRODUCTION DU POINT DE VUE ÉTHOLOGIQUE EN PSYCHOLOGIE

Pour faire de la psychologie animale, il ne suffit évidemment pas d'avoir une connaissance approfondie des lois de la chimie physique et de la mécanique, il faut encore avoir longuement et minutieusement observé les relations des êtres vivants entre eux et avec les diverses modalités du milieu extérieur, c'est-à-dire avoir fait de la biologie éthologique.

Giard, qui était un biologiste au sens complet du mot, l'avait parfaitement compris, et, grâce à lui, la psychologie animale s'orienta en France dans cette direction.

Il ne faut pas oublier que la nature avec les conditions si variées qui y sont réalisées est un vaste champ d'expériences, dont nous devons profiter pour la détermination de la valeur relative des facteurs qui sont en jeu dans un phénomène donné.

Quand on observe les animaux dans leurs habitats variés, il est impossible de ne pas être frappé par la « variabilité des réactions ». Des individus de la même espèce pris dans des habitats différents se comportent de façons différentes ; un même individu sui-

vant les heures, suivant les traitements qu'il vient de subir, suivant les diverses phases de son activité, réagit différemment.

Cette variabilité a été longtemps interprétée comme la manifestation d'un pouvoir psychique. Maintenant, grâce à la chimie physique, on est conduit à distinguer, comme je l'ai fait¹ : 1° une variabilité d'origine organique, chimique ; 2° une variabilité d'origine périphérique, réceptive, sensorielle ; 3° une variabilité d'origine centrale, associative, psychique. En définitive, il y a toujours lieu de tenir compte des réactions chimiques générales de l'organisme, mais le siège de certaines réactions particulières n'est pas indifférent.

Ainsi, que l'on se place au point de vue éthologique ou que l'on parte du point de vue de la chimie physique, on est conduit forcément à la considération des « états chimiques internes », des « états physiologiques ». L'importance de ces états est indéniable ; les travaux qui concernent leur intervention dans les manières de réagir, de se comporter des animaux sont déjà très nombreux.

Je vais tenter ici, ce qui n'a pas encore été fait, je crois, une classification, approximative du moins, des états physiologiques.

L'état chimique interne, ou « état physiologique », peut être modifié, ou bien par suite de l'*activité* même de l'organisme (*nutrition, reproduction, locomotion*), ou bien directement par le *milieu extérieur* (*conditions chimiques, physiques, mécaniques*) ; il en résulte que

1. G. BOHN. *La Naissance de l'intelligence*.

l'état physiologique et par suite la réaction dépend, d'une part des divers *genres de vie et individus*, d'autre part des *habitats* variés.

1. ÉTATS PHYSIOLOGIQUES DÉPENDANT DE L'ACTIVITÉ DE L'ANIMAL. — 1° *Activité nutritive*. — Les réactions des animaux inférieurs dépendent de l'état de nutrition ; j'entends ici par réactions, non seulement les réactions vis-à-vis des aliments, mais encore celles vis-à-vis des diverses forces du milieu extérieur (lumière par exemple). L'exemple des actinies est bien connu. Un autre exemple, devenu classique, est relatif à des animaux plus élevés en organisation ; il est fourni par les observations de J. Loeb sur les chenilles de *Porthesia chrysorrhœa*. « Ces chenilles, dit Loeb¹, éclosent en automne et passent l'hiver dans des nids ; au printemps, et même en hiver si on élève la température, elles en sortent, chassées par la chaleur. Elles présentent alors un phototropisme positif des plus nets, et je n'ai trouvé chez aucun animal pris dans des conditions naturelles une sensibilité héliotropique plus accusée que chez les chenilles de *chrysorrhœa*. Mais dès qu'elles ont mangé, leur héliotropisme positif disparaît et ne réapparaît plus, même quand on les fait jeûner à nouveau. Il est évident que les échanges en rapport avec la nutrition ont conduit, directement ou indirectement, à une inhibition ou à une suppression définitive des réactions photochimiques que l'animal présentait auparavant. »

1. *Loc. cit.*

2° *Activité reproductrice.* — Jusqu'ici on a peu étudié l'influence de l'activité reproductrice sur les réactions des animaux inférieurs ; toutefois on a remarqué par exemple qu'une actinie en voie de scissiparité ou de gestation réagit autrement que d'habitude. Ici encore, pour citer un exemple très frappant, je m'adresserai aux insectes. Chez les fourmis et les abeilles, l'héliotropisme positif semble être déterminé par les produits des glandes sexuelles. « Tandis que, fait observer Loeb, les fourmis ouvrières ne présentent pas de réactions héliotropiques, chez les mâles et chez les femelles se développe à l'époque de la maturité sexuelle un héliotropisme positif de plus en plus intense. Il se forme donc des substances qui élèvent la sensibilité héliotropique et dont la proportion augmente avec le degré de maturité sexuelle. Kellog a constaté quelque chose d'analogue chez les abeilles. Le fait que, pendant la maturation sexuelle, il se forme des substances particulières qui viennent influencer divers organes est bien connu. Ainsi, d'après Leo Loeb, les substances mises en liberté par la rupture d'un follicule ovarien sont susceptibles de rendre particulièrement sensible l'utérus même non gravide qui répond alors à toute excitation mécanique par la formation d'une caduque. Cet auteur a pu obtenir, par ce procédé, aussi souvent qu'il le voulait, la formation de caduques dans un utérus non gravide ; or, sans la substance folliculaire, jamais on n'obtient ce résultat. »

Comparer un utérus à un organe des sens paraîtra peut-être un peu hardi. Mais vraiment on a trop pris

l'habitude de séparer le psychique des autres manifestations vitales.

Dans les exemples précédents, Loeb montre le chimisme spécial de certains stades de la vie évolutive d'un être. En général, les modifications de l'état chimique interne dues à l'activité motrice ne sont que momentanées. Nous allons les passer en revue.

3^o *Activité locomotrice*. — Cette activité peut entraîner, ou bien des modifications chimiques du milieu intérieur, ou bien directement des modifications chimiques des cellules actives elles-mêmes.

1^{er} *cas*. — Pendant l'activité musculaire se déversent dans le sang certaines substances dites sensibilisatrices, telles que l'acide carbonique (voir plus haut ch. 1).

2^e *cas*. — L'activité peut avoir pour conséquences : *a*) une modification d'étendue des éléments ; *b*) une modification de position ; *c*) une modification de l'état de repos ou de mouvement. Ceci résulte de mes récents travaux ¹.

a) Chez certains coralliaires, tels que les vérétilles et les pennatules, le corps peut subir des variations de volume considérables, il peut se ratatiner sur lui-même ou se gonfler d'eau ; or, comme je l'ai constaté ², toute partie du corps qui vient d'atteindre son maxi-

1. G. BOHN. Les variations de la sensibilité périphérique chez les animaux, *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1909.

2. G. BOHN. La sensibilisation et la désensibilisation des coralliaires fouisseurs, *Société de Biologie*, 6 et 13 novembre 1909.

mum de turgescence, acquiert une sensibilité très grande, en particulier vis-à-vis des excitants mécaniques et de la pesanteur (géotropisme), mais cette sensibilité ne tarde pas à se dissiper, et finalement on arrive à une insensibilité parfois complète.

J'explique la sensibilisation suivie de désensibilisation en faisant intervenir certaines données de la chimie physique. J'admets, avec Loeb, que la sensibilité est fonction de la vitesse des réactions chimiques qui ont lieu dans les cellules périphériques. Quand une cellule s'étale, par extension, les échanges avec le milieu extérieur se font mieux, et la vitesse des réactions chimiques, et par suite la sensibilité, augmentent. Mais la consommation de certaines substances particulièrement actives est alors très considérable, et l'appauvrissement en ces substances ne tarde pas à entraîner un ralentissement des réactions, et par suite l'insensibilisation.

b) Sur les rochers du littoral marin, j'ai observé de petits mollusques, les littorines, qui, subissant des dessiccations et des hydratations rythmiques, passent alternativement par des phases de vie ralentie et de vie active; la sensibilité suit des variations parallèles. Après dessiccation, le retour de l'eau augmente la vitesse des réactions chimiques dans la rétine et par conséquent la sensibilité à la lumière; dans la suite, il se produit un ralentissement de vitesse qui se manifeste par une diminution de la sensibilité et même le changement de signe du phototropisme. Or, il suffit de faire ramper l'animal la tête en bas pour obtenir les mêmes effets.

Sans la chimie physique, le fait resterait mystérieux. Si l'on admet l'existence dans les cellules de la rétine d'une substance active de poids spécifique différent de celui du protoplasma, suivant la position dressée ou renversée de l'animal, cette substance occupe une face ou l'autre de la cellule, et il en résulte forcément une différence dans la vitesse des réactions chimiques, et par conséquent le changement de signe de la réaction. Cette explication est d'ailleurs calquée sur celle qu'on a donnée du géotropisme (voir plus haut, chapitre 1).

c) Après un long repos, un animal, tel que le branchellion (sangue de la torpille), devient peu sensible; il suffit de lui imprimer des secousses pour voir la sensibilité augmenter plus ou moins, mais l'effet ne tarde pas à s'atténuer progressivement.

Ceci n'est pas étonnant, quand on songe que le brassage d'une cellule augmente la vitesse de ses réactions chimiques, en particulier des oxydations.

2. ÉTATS PHYSIOLOGIQUES DÉPENDANT DES GENRES DE VIE ET DES DIATHÈSES INDIVIDUELLES. — La conséquence forcée de tous les faits cités dans le paragraphe précédent est que les états physiologiques doivent dépendre des genres de vie et des diathèses individuelles.

Une réaction dépend de la plus ou moins grande abondance en certaines substances chimiques particulièrement actives. Or, certains individus réparent plus facilement les pertes de cette substance que les autres. Bien souvent la chimie générale de l'organisme suffit

mum de turgescence, acquiert une sensibilité très grande, en particulier vis-à-vis des excitants mécaniques et de la pesanteur (géotropisme), mais cette sensibilité ne tarde pas à se dissiper, et finalement on arrive à une insensibilité parfois complète.

J'explique la sensibilisation suivie de désensibilisation en faisant intervenir certaines données de la chimie physique. J'admets, avec Loeb, que la sensibilité est fonction de la vitesse des réactions chimiques qui ont lieu dans les cellules périphériques. Quand une cellule s'étale, par extension, les échanges avec le milieu extérieur se font mieux, et la vitesse des réactions chimiques, et par suite la sensibilité, augmentent. Mais la consommation de certaines substances particulièrement actives est alors très considérable, et l'appauvrissement en ces substances ne tarde pas à entraîner un ralentissement des réactions, et par suite l'insensibilisation.

b) Sur les rochers du littoral marin, j'ai observé de petits mollusques, les littorines, qui, subissant des dessiccations et des hydratations rythmiques, passent alternativement par des phases de vie ralentie et de vie active; la sensibilité suit des variations parallèles. Après dessiccation, le retour de l'eau augmente la vitesse des réactions chimiques dans la rétine et par conséquent la sensibilité à la lumière; dans la suite, il se produit un ralentissement de vitesse qui se manifeste par une diminution de la sensibilité et même le changement de signe du phototropisme. Or, il suffit de faire ramper l'animal la tête en bas pour obtenir les mêmes effets.

Sans la chimie physique, le fait resterait mystérieux. Si l'on admet l'existence dans les cellules de la rétine d'une substance active de poids spécifique différent de celui du protoplasma, suivant la position dressée ou renversée de l'animal, cette substance occupe une face ou l'autre de la cellule, et il en résulte forcément une différence dans la vitesse des réactions chimiques, et par conséquent le changement de signe de la réaction. Cette explication est d'ailleurs calquée sur celle qu'on a donnée du géotropisme (voir plus haut, chapitre 1).

c) Après un long repos, un animal, tel que le branchellion (sangsue de la torpille), devient peu sensible; il suffit de lui imprimer des secousses pour voir la sensibilité augmenter plus ou moins, mais l'effet ne tarde pas à s'atténuer progressivement.

Ceci n'est pas étonnant, quand on songe que le brassage d'une cellule augmente la vitesse de ses réactions chimiques, en particulier des oxydations.

2. ÉTATS PHYSIOLOGIQUES DÉPENDANT DES GENRES DE VIE ET DES DIATHÈSES INDIVIDUELLES. — La conséquence forcée de tous les faits cités dans le paragraphe précédent est que les états physiologiques doivent dépendre des genres de vie et des diathèses individuelles.

Une réaction dépend de la plus ou moins grande abondance en certaines substances chimiques particulièrement actives. Or, certains individus réparent plus facilement les pertes de cette substance que les autres. Bien souvent la chimie générale de l'organisme suffit

pour expliquer les différences individuelles qu'on considèrerait comme d'ordre psychique.

3. ÉTATS PHYSIOLOGIQUES DÉPENDANT DIRECTEMENT DU MILIEU EXTÉRIEUR. — Des changements, permanents ou temporaires, dans les conditions chimiques, physiques, mécaniques du milieu extérieur, peuvent entraîner des changements de l'état physiologique d'un organisme quelconque.

1° *Changements permanents dans les conditions du milieu extérieur.* — Ces changements peuvent entraîner une sensibilisation de l'organisme, qui persiste un certain temps. On peut distinguer avec Loeb trois sortes de sensibilisateurs ou désensibilisateurs : a) *chimiques*, b) *physiques*, c) *mécaniques*. L'étude de ces sensibilisateurs a pris dans ces derniers temps une importance des plus considérables.

a) Nous avons vu plus haut (p. 13) que l'acide carbonique (CO^2) est le sensibilisateur par excellence. Dans les faits de sensibilisation et de désensibilisation, il faut absolument tenir compte des variations de la teneur en eau. J'ai mis en évidence l'importance de ce facteur dans un chapitre spécial de mon livre (*la Naissance de l'intelligence*, p. 139). Je me suis inspiré principalement des idées si fécondes de Giard sur la question. J'ai passé en revue les principaux phénomènes biologiques où interviennent la déshydratation et la réhydratation, à savoir : la vie ralentie, la parthénogénèse artificielle, la stimulation de la croissance des plantes, le changement de signe des tropismes. Il est

à remarquer que l'acide carbonique a une action déshydratante.

b) En général, la lumière vive, qui exalte momentanément les oxydations, entraîne rapidement la désensibilisation et même la fatigue générale de l'organisme.

c) Il y a enfin des sensibilisateurs mécaniques. Nous avons déjà vu qu'après quelques secousses, ainsi qu'après le brassage du contenu des cellules périphériques, la sensibilité augmente. J'ai constaté que de légères variations de pression peuvent entraîner le même effet. W. Ostwald¹ a consacré des études importantes au rôle du « frottement interne » et à l'action des sensibilisateurs mécaniques. Les daphnies, petits crustacés des eaux douces, ont un héliotropisme négatif ou indifférent; en augmentant la viscosité du milieu par l'addition de gélatine (acide ou alcaline peu importe) ou de colle à l'eau, Ostwald a changé le signe du phototropisme, qui devient fortement positif. En même temps, la sensibilité différentielle vis-à-vis des ombres se trouve exaltée.

2° *Changements momentanés dans les conditions du milieu extérieur.* — Ces changements constituent les excitants les plus habituels. Après toute excitation, l'état chimique de l'organisme se trouve forcément changé; il y a un déficit de certaines substances actives. Si des excitations se suivent de près, le défi-

1. W. OSTWALD. Zur Theorie der Richtungsbewegungen niederer schwimmender Organismen, *Arch. f. die gesam. Physiol.*, 1907 et 1 08.

cit ne fait que s'accroître, et on arrive rapidement à un état tel que les réactions cessent. C'est là le fait très général de l'accoutumance aux excitants, qui peut s'expliquer par une sorte de fatigue périphérique (voir plus haut, chapitre 1, p. 15). Il suffit en effet de suspendre pendant un certain temps les excitations pour que petit à petit l'organisme s'enrichisse de nouveau en substances actives et recouvre sa sensibilité première.

4. ÉTATS PHYSIOLOGIQUES DÉPENDANT DES HABITATS. — La conséquence forcée des faits qui précèdent est que les états physiologiques doivent varier avec les divers habitats. C'est ce que précisément j'ai montré sur les annélides (1902), les littorines (1904), les actinies (1906), les étoiles de mer (1907).

Mais il faut considérer deux sortes d'habitats, ceux dont les conditions essentielles restent sensiblement invariables, et ceux qui présentent des variations périodiques, telles que émergence et immersion. Les animaux qui vivent dans ces derniers habitats présentent des rythmes remarquables : rythmes de marée, nycthémeraux. J'en ai donné de nombreux exemples, et j'ai discuté la signification générale du phénomène.

Rythmes de marée. — L'exemple devenu classique et sur lequel j'ai été le premier à attirer l'attention est celui des *Convoluta*. Sur les plages de Bretagne, dès que la mer se retire, on voit apparaître sur le sable de grandes taches vertes, dont la teinte fonce progressivement, et dont les contours changent incessamment. Ces

taches sont formées par l'accumulation d'une multitude de petits vers ciliés, les *Convoluta*, dont les tissus sont chargés de grains de chlorophylle. Quand la mer revient, ces vers s'enfoncent dans le sable, ce qui leur permet d'éviter le choc des vagues ; dès que la mer se retire, ils réapparaissent. Les *Convoluta* présentent ainsi des mouvements alternatifs d'ascension et de descente qui sont synchrones de ceux de la marée, mais inverses. Or, les mouvements oscillatoires persistent en aquarium, alors que les animaux sont soustraits au choc des vagues : dans un tube de verre renfermant du sable humide et des *Convoluta*, l'anneau vert monte et descend, occupant la position la plus élevée au moment de la basse mer, la plus basse au moment de la haute mer. Et chose plus curieuse encore : les irrégularités de la marée sont suivies par les *Convoluta* dans l'aquarium ; les mouvements sont plus lents en morte eau, plus rapides en vive eau, et ceci plusieurs jours après isolement en aquarium.

Dans le cas des *Convoluta*, il y a une variation périodique du signe du géotropisme : l'animal est alternativement attiré et repoussé par la terre. D'autres animaux tels que les littorines sont alternativement attirés et repoussés par les surfaces sombres, présentant ainsi une variation périodique du signe du phototropisme ; la durée des oscillations est encore d'environ treize heures ; mais chez ces mollusques on peut également observer des oscillations de quinzaine, correspondant chacune à la succession : morte eau, vive eau.

Dans ces phénomènes, j'attribue une grande importance aux alternances de dessiccation et de réhydratation. A mer basse et pendant la morte eau, les tissus des animaux littoraux se dessèchent plus ou moins, et les réactions chimiques dans les cellules se ralentissent; l'organisme entre parfois dans un état de torpeur que Giard a désigné sous le nom d'*anhydrobiose*. Quand la mer remonte et à l'approche des grandes marées, l'eau imbibe de nouveau les tissus, ce qui entraîne une accélération, au moins momentanée, des réactions chimiques.

Dans certains rythmes de marée, cependant, ne paraissent pas intervenir les dessiccations et hydrations. Ainsi Anna Drzewina¹ a fait connaître chez les pagures dits misanthropes une périodicité de quinzaine, qui se manifeste par le changement de signe du phototropisme, alors que les animaux restent constamment sous l'eau. A Arcachon, les pagures se trouvent de midi à six heures sous une épaisse couche d'eau pendant les périodes de vive eau, et sous une mince couche d'eau pendant les périodes de morte eau. Or, la couche d'eau forme un écran qui protège plus ou moins les animaux vivant sur le fond de la lumière vive du midi. Il en résulte que les misanthropes se cachent sous les rochers pendant les mortes eaux, et se promènent au contraire sur le fond pendant les vives eaux. Si on transporte ces crustacés dans une cuve divisée en deux parties, l'une recouverte par un

1. A. DRZEWINA. Les variations périodiques du signe du phototropisme chez les pagures misanthropes, *Académie des sciences*, 1907.

voile noir, l'autre exposée à la lumière, on voit qu'ils se tiennent tantôt à la lumière et tantôt à l'obscurité, et on remarque que pendant les vives eaux ils vont vers la lumière (sorte de phototropisme positif), tandis que pendant les mortes eaux, ils se dirigent vers l'obscurité (sorte de phototropisme négatif). Il y a un rythme acquis, qui persiste en aquarium, et qui a été déterminé par les variations du milieu naturel. Et ce qui montre surtout l'influence du milieu, c'est que les mêmes pagures, pris dans un autre habitat, à la Méditerranée, où le phénomène de marée n'existe pas, ne présentent pas non plus de variations du signe du phototropisme : celui-ci est constamment positif¹.

Rythmes nycthémeraux. — En général ces rythmes se superposent aux rythmes de marée. Mais, dans la Méditerranée, on peut les observer dans toute leur pureté. Certaines actinies se ferment le jour et s'épanouissent la nuit; dans l'obscurité continue, le rythme persiste pendant plusieurs jours.

Nous avons vu plus haut qu'on peut changer le signe du phototropisme en introduisant dans le milieu extérieur certaines substances chimiques; or, fait intéressant à noter, les mêmes substances sont susceptibles de renverser le rythme.

Beaucoup d'organismes, beaucoup d'organes présentent une ou plusieurs périodicités vitales. Chacun

1. A. DRZEWINA. Contribution à la biologie des pagures misanthropes, *Archives de zoologie expérimentale*, 1910.

de nos organes, après avoir fonctionné et s'être fatigué, se repose. La périodicité fonctionnelle du rein est bien connue des médecins : presque fermée vers neuf heures du soir, cette glande est ouverte au maximum aux premières heures du jour et cela même quand les habitudes de vie ont été modifiées passagèrement. Or, dans la variabilité périodique de la sécrétion de l'urine, on n'a jamais vu une manifestation du psychisme. Dans la variabilité périodique des réactions des animaux soumis au flux et au reflux de la marée, ou des animaux soumis à la succession du jour et de la nuit, nous ne verrons pas non plus une manifestation du psychisme. On pourrait être tenté de parler de « mémoire », mais on ne préciserait pas plus qu'en parlant de rythmes vitaux, et on risquerait simplement de provoquer des confusions fâcheuses, le mot « mémoire » ayant, en effet, été employé dans bien des sens différents.

IV

TENDANCE A ÉLIMINER DE LA PSYCHOLOGIE LES POINTS DE VUE DE LA SÉLECTION NATURELLE ET DE LA FINALITÉ

L'intervention des genres de vie et des habitats dans les manières de réagir des animaux nous conduit à rechercher si, chez les animaux les plus inférieurs, se créent des habitudes, et les mécanismes de l'acquisition de ces habitudes.

Les animaux inférieurs sont-ils capables d'apprendre ? Avant de répondre, demandons-nous, avec Margaret Washburn ce qu'il faut entendre par ce mot « apprendre ». Voilà un mot qui signifie bien des choses différentes. On sait que le bois d'un violon dont on a joué beaucoup résonne mieux qu'au début ; à la longue il s'est produit un arrangement moléculaire favorable au phénomène de résonance ; on pourrait dire que le bois du violon a « appris » à vibrer à l'unisson des cordes ; dans ce phénomène, il n'y a évidemment rien de psychique. Dans une forge, les muscles des ouvriers subissent des modifications lentes qui les rendent plus aptes à agir dans l'acte de battre le fer : ils « apprennent », mais « apprendre » a, dans ce cas, un tout autre sens que

dans celui où un apprenti se met rapidement au courant de son nouveau métier... Chez les animaux inférieurs, il y a bien des manières différentes d'apprendre : la docilité ou habileté à apprendre est une caractéristique du protoplasma ; chez un animal pluricellulaire, il peut y avoir un apprentissage musculaire, un apprentissage sensoriel, un apprentissage du système nerveux central ; le système nerveux étant une des parties les plus sensibles de l'organisme, son éducation se fait en général beaucoup plus vite que celle des muscles et celle de la matière vivante ordinaire. Chez les animaux supérieurs, il y a encore d'autres manières d'apprendre : outre l'association, l'imitation, le raisonnement.

Certes, à chaque instant il nous semble que les animaux inférieurs apprennent. Mais, dans chaque cas particulier, nous devons nous demander quel est le mécanisme de l'apprentissage. Beaucoup d'auteurs ne le font pas, et nous sommes conduits ici à signaler deux attitudes bien différentes, pour ne pas dire opposées, prises par les psychologues des animaux inférieurs à l'égard de l'apprentissage de ces animaux. La première attitude a été adoptée par ceux qui croient que la sélection naturelle est le grand principe qui préside à l'évolution du monde biologique, c'est-à-dire par les disciples fervents de Darwin ; la seconde attitude est celle des auteurs dont nous avons signalé les travaux dans les trois chapitres précédents et qui considèrent les diverses manifestations des êtres vivants comme les résultantes d'actions chimiques se passant entre les substances actives de l'or-

ganisme et celles du milieu extérieur ; c'est l'attitude des continuateurs de l'œuvre de Lamarck, celle de J. Loeb, de Hugo de Vries, de Bateson, et aussi celle que j'ai adoptée.

A. — Sélection des mouvements.

Théorie des essais et erreurs, et ses critiques.

C'est à Darwin que nous devons le principe de la sélection naturelle et l'application de ce principe aux variations des êtres vivants et à l'évolution. Ces variations, sur l'origine desquelles il n'insiste pas, seraient les unes avantageuses, les autres désavantageuses ; les premières seules seraient conservées, comme s'il se faisait dans la nature un choix, une sélection.

Mais s'il y a eu une sélection des formes, il peut y avoir une *sélection des mouvements*. Il y a déjà longtemps que quelques savants anglais ont fait intervenir celle-ci en psychologie animale ; je citerai ici seulement le nom célèbre de Lloyd Morgan.

Je voudrais faire observer tout de suite que la notion de sélection, de *choix*, est une notion dangereuse pour un esprit non scientifique. Quand on parle de choix, on est nécessairement conduit à penser qu'il y a un auteur du choix. Dans la sélection artificielle, cet auteur apparaît immédiatement ; c'est l'agriculteur, c'est l'éleveur ; en ce qui concerne la sélection naturelle, il ressort de la lecture de Darwin qu'il n'y a pas d'auteur : la sélection se ferait pour ainsi dire automatiquement ; malgré cela les esprits mystiques ont cherché l'auteur de la sélection naturelle. Il y a là

une équivoque possible. Cette équivoque peut devenir fâcheuse quand il s'agit de la sélection des mouvements : on peut fort bien admettre que cette sélection se fait automatiquement comme la sélection des formes, mais on peut voir aussi dans l'animal lui-même l'auteur du choix. Or, pour beaucoup, le fait de *choisir* de la part d'un animal serait un des signes les plus certains d'une vie psychique. Ici nous aurions donc à éviter soigneusement d'être victimes des mots.

Il y a quelques années, Jennings a repris l'idée de sélection des mouvements, ce qui le conduit à opposer en quelque sorte à la théorie des tropismes la théorie des essais et erreurs.

A ce moment on ne parlait en Amérique que des expériences de Thorndike et de Kinnaman faites sur des vertébrés supérieurs. Un singe par exemple, mis en présence de vases de différentes formes, de différentes couleurs, ... dont un seul, déterminé, contient l'aliment, après s'être trompé de vases un certain nombre de fois, finit par aller directement au vase qui contient l'aliment ; petit à petit, au cours des *essais* successifs, s'est produit l'élimination des *erreurs*.

La théorie des essais et erreurs appliquée aux protozoaires a eu un succès extraordinaire. On a été émerveillé à la pensée que des investigations précises établissent une identité parfaite dans le domaine des réactions du bas en haut de l'échelle animale, et surtout qu'elles montrent qu'il y a choix, volonté peut-être dès le début.

Les observations de Jennings ont porté surtout sur

les infusoires¹, c'est-à-dire sur des animalcules microscopiques, ciliés, et à structure légèrement hélicoïdale. Outre que les observations sont très délicates à faire, cette dernière particularité complique encore le problème. Le plus souvent la trajectoire est une ligne sinueuse ou spirale. Une euglène, par exemple, tout en avançant, tourne sur elle-même en décrivant une sorte de surface conique : aussi la tête se dirige successivement dans un certain nombre de directions de l'espace ; l'organisme s'échappe toujours du cône par la direction la plus rapprochée de celle de la principale force agissante ; ainsi l'orientation se fait progressivement.

Une observation devenue classique est celle pratiquée par Jennings sur les *Oxytricha fallax*. L'infusoire s'avance vers une région chaude, recule, puis tourne sur lui-même ; il repart dans une nouvelle direction peu différente de la première, rencontre de nouveau la région chaude, et alors recule, puis tourne ; quatre fois de suite l'animal effectue les mêmes mouvements, s'avançant dans des directions qui s'écartent de plus en plus les unes des autres, et atteignant finalement celle qui lui serait la plus favorable. L'organisme unicellulaire aurait cherché en quelque sorte la bonne direction, comme le singe de Kinnaman cherchait parmi les diverses boîtes celle qui contient l'aliment.

J. Loeb, Torrey, et moi-même nous nous sommes élevés vivement contre cette interprétation ; nous avons cherché à montrer que les mouvements des infusoires

1. JENNINGS. *Behavior of the lower organisms*, New-York, 1906.

sont assujettis à des lois très simples, celles des tropismes et de la sensibilité différentielle.

Là, où Jennings voit des mouvements d'essai, des mouvements de hasard, nous voyons des mouvements soumis à des lois précises, explicables par les considérations de la chimie physique.

Si l'animal ne s'oriente pas immédiatement et directement par rapport à l'excitant, c'est que la force du tropisme est trop faible, qu'elle est plus ou moins vaincue par les forces mises en jeu par la sensibilité différentielle et celles qui produisent les oscillations normales. Il suffit de sensibiliser l'animal pour que les sinuosités disparaissent plus ou moins. Entre la marche rectiligne et la marche sinueuse il n'y a qu'une différence de degré dépendant de la différence dans les états chimiques. Si les sinuosités étaient des essais, ils devraient progressivement diminuer d'importance; or, il n'en est rien. Souvent l'organisme commence à marcher en ligne droite, puis comme il se désensibilise progressivement, il se met de plus en plus à effectuer des oscillations.

La théorie des essais et erreurs semble donc fort ébranlée; son succès a été considérable; elle a provoqué des recherches nouvelles, des plus intéressantes et fécondes, qui petit à petit lui ont porté atteinte. Elle n'a donc pas été sans utilité.

B. — Imperfection de l'adaptation ou non-adaptation des actes des animaux inférieurs.

D'après Jacques Loeb¹, en toutes circonstances, « il

1. *Loc. cit.*, 1909.

nous faut nous dégager de cette tendance qui fait que l'on exagère l'importance de la sélection naturelle, et tenir plutôt compte des conséquences de la théorie de Mendel qui nous montre que, dans l'animal, tout n'est pas réglé dans son intérêt et que l'organisme doit être considéré comme une somme de caractères hérités indépendamment les uns des autres ».

C'est en effet sous l'influence de l'hypothèse de la sélection naturelle que beaucoup de zoologistes et de psychologues sont arrivés à croire que tout ce qu'un animal fait est dans son intérêt. Au dernier Congrès de Genève, comme on demandait à J. Loeb ce qu'il pensait de l'adaptation des tropismes, celui-ci répondit : Les tropismes ne sont ni utiles, ni nuisibles. Ils sont la somme de plusieurs propriétés héritées indépendamment les unes des autres, comme le sont les divers caractères morphologiques d'après la loi de Mendel. Seuls les animaux où accidentellement le groupement de ces propriétés est compatible avec le maintien de la vie ont pu survivre. — « Il est évident, dit-il encore, dans son rapport, que les espèces qui présentaient des tropismes incompatibles avec la reproduction et la conservation de l'espèce ont dû disparaître. Mais soutenir que toute réaction ou tout tropisme est dans l'intérêt de l'animal ou est pour lui de la plus grande utilité, est tout aussi injustifié que de dire que chaque caractère morphologique que présente l'espèce lui est utile. »

A cet égard, Loeb cite le cas du galvanotropisme, où on ne saurait invoquer l'intérêt de l'animal, ni une sélection, ni un apprentissage, et aussi le cas de cer-

tains animaux qui vivent constamment à l'obscurité, dans la vase des fonds marins par exemple, et qui mis à la lumière présentent néanmoins un héliotropisme positif. « Aussi bien dans le cas de l'héliotropisme que dans celui du galvanotropisme les réactions ne sont pas commandées par l'intérêt biologique. »

Je suis absolument du même avis. « C'est une erreur, ai-je dit¹, qui a germé dans l'esprit des finalistes de croire que les tropismes sont bien adaptés. Ils peuvent l'être accidentellement, mais ils ne le sont pas forcément. Les tropismes conduisent souvent les animaux inférieurs à la mort; peu importe, il y a une puissance de vie si extraordinaire chez ces animaux. N'a-t-on pas calculé que si l'on pouvait fournir à un infusoire l'espace et la nourriture suffisants, au bout de trente jours, par suite de ses bipartitions successives, celui-ci donnerait naissance à une masse de matière vivante aussi grosse que le soleil.

« Je ne puis croire, surtout quand il s'agit de tropismes, que les animaux agissent à chaque instant suivant la ligne de leur plus grand intérêt, car j'ai souvent constaté le contraire?

« Qu'une inégalité dans les éclaircissements des deux côtés du corps se produise, la trajectoire s'incurve forcément d'un certain côté; que l'état de la matière vivante change, il arrivera un moment où l'incurvation se fera du côté opposé. J'ai observé plusieurs fois le fait suivant : dans un certain milieu, il y a un tropisme négatif alors que le tropisme positif serait

1. G. BOHN. Rapport au Congrès de Genève, 1909.

mieux adapté ; transportons l'animal dans un milieu où le tropisme négatif se trouve bien adapté ; malheureusement le milieu nouveau entraîne un changement chimique de la matière vivante, et par suite un changement de signe du tropisme, qui, ainsi, continue à être mal adapté. »

Les manifestations de la sensibilité différentielle paraissent mieux adaptées. D'après les lois que j'ai énoncées, l'animal recule lorsque se produisent certaines variations qui lui seraient nuisibles. Or, d'après les travaux récents de Lopicque, les mêmes lois s'appliquent à l'excitation électrique d'un cœur de grenouille, et il serait difficile, dans ce dernier cas, d'invoquer, pour expliquer la réaction, l'adaptation. D'ailleurs dans le cas de la lumière, l'adaptation peut laisser à désirer, comme il ressort de l'observation suivante que j'ai faite. Les *Acanthia lectularia* sont de ces insectes qu'on appelait autrefois *lucifuges*, c'est-à-dire qui fuient la lumière. Pendant que l'un d'eux s'éloigne d'une fenêtre, plaçons devant lui une lumière : momentanément du moins, il rebroussera chemin ; mais plaçons la lampe en arrière : il y aura encore une rotation de 180° et l'animal se précipitera dans la flamme. La loi de la sensibilité différentielle est, dans cette expérience, observée, mais la réponse a porté à faux, si on se place au point de vue de l'intérêt de l'animal. D'après Jennings, beaucoup d'infusoires se comportent comme cet insecte.

Les tropismes, et même parfois la sensibilité différentielle (celle-ci d'habitude tempère les dangers des tropismes), peuvent conduire les animaux à la mort.

Mais quand la « mémoire associative » intervient, l'adaptation peut devenir plus parfaite, et il est possible que les processus sélectifs prennent une certaine importance.

C. — Premières ébauches de la mémoire associative.

Cette mémoire associative, qui apparaît vraisemblablement dès les organismes les plus inférieurs, resta longtemps à l'état d'ébauches.

Elle existerait et évoluerait à côté des tropismes et de la sensibilité différentielle. Telle est du moins l'opinion à laquelle j'ai été conduit par mes travaux personnels et la lecture de certains travaux. Je crois que c'est un tort de vouloir la faire dériver des tropismes. Je montrerai dans la seconde partie de ce mémoire, consacrée aux animaux articulés, quelle importance elle prend chez ceux-ci.

J'ai montré des traces de « mémoire associative » chez les actinies, chez des mollusques, les patelles.

On conçoit que la mémoire associative reste rudimentaire chez de tels animaux. La mémoire associative a besoin d'éléments pour ses combinaisons; plus les éléments, c'est-à-dire les sensations, sont variés, plus les combinaisons peuvent être nombreuses et complexes. Or, chez les dits animaux inférieurs, les sensations paraissent peu variées: des stimulants très divers, tels que la lumière, la concentration saline... peuvent agir de la même façon sur l'organisme, par exemple en soustrayant de l'eau à sa matière vivante; chez les animaux inférieurs, il y a surtout des sensa-

tions purement chimiques qui doivent se ressembler beaucoup les unes aux autres. En général, chez ces animaux, les associations se forment avec quelques éléments toujours les mêmes.

Fait très curieux : la mémoire associative se développe davantage chez les animaux vivant au contact de corps solides. Parmi les infusoires, il y a de tels animaux, les *Loxophyllum* par exemple. Or, Holmes a montré que leurs réactions sont plus compliquées que chez les paramécies qui nagent librement. Chez les animaux munis d'un système nerveux, le support fournit des sensations qui vont s'associer aux autres sensations. Le branchellion est un ver parasite des torpilles ; il est excessivement sensible aux variations d'éclairement, quand la ventouse postérieure est fixée sur un corps quelconque ; cette sensibilité s'atténue beaucoup quand la fixation a lieu sur la peau du poisson ; il en est de même chez les argules, parasites d'autres poissons. Une sensation inhiberait une autre sensation. Peut-être plus tard ce fait éclairera-t-il le mécanisme des associations plus complexes. Avec les patelles, celles-ci se perfectionnent déjà. Chaque mollusque occupe sur un rocher une place déterminée, caractérisée par une surface lisse ayant une certaine inclinaison. Quand l'animal se déplace sur le rocher pour prendre sa nourriture, s'il rencontre une surface lisse il ne s'y arrête que quand l'inclinaison est la même que celle de sa place habituelle ; il semble qu'il ait conservé le souvenir de sa position habituelle dans l'espace. Van der Ghinst, en 1906, a observé des faits semblables même chez les actinies.

DEUXIÈME PARTIE

ANALYSE DES INSTINCTS DES ANIMAUX ARTICULÉS

Avant d'aborder l'analyse des instincts, il nous faut jeter un regard en arrière.

L'observation des animaux les plus inférieurs m'a conduit à reconnaître chez eux deux tendances très générales.

1° Une tendance à se placer de façon que les deux côtés du corps, droit et gauche, reçoivent la même excitation de la part du milieu extérieur : la position d'équilibre est celle pour laquelle les points symétriques du corps sont excités d'une manière identique, par la lumière, par la gravitation, ou par toute autre force du milieu extérieur. Dès que, pour une cause ou pour une autre, le corps dévie de cette position d'équilibre, il tend à y revenir, pour ainsi dire automatiquement. Il s'agit des *tropismes*.

2° Une tendance à s'arrêter, reculer ou tourner de 180° quand une des forces du milieu extérieur vient à varier brusquement. Il s'agit de la *sensibilité différentielle*.

A côté de ces deux tendances se trouvent, comme

nous venons de le voir, des rudiments de mémoire associative.

Avec les animaux articulés, celle-ci se développe au point de masquer plus ou moins les tropismes et la sensibilité différentielle.

Les instincts des crustacés et des insectes, dès qu'on cherche à les analyser, se présentent comme des agrégats d'éléments plus ou moins indépendants les uns des autres, où à côté de *survivances des vieilles activités* : tropismes et sensibilité différentielle, il y a des *acquisitions nouvelles*, dues à la mémoire associative.

Telle sera notre idée directrice. Aussi, après avoir recherché les survivances des vieilles activités, nous étudierons avec soin les processus associatifs. Alors nous serons en état de pratiquer l'analyse d'un certain nombre d'instincts : « simulation de la mort », « retour au nid », « recherche de la nourriture », « mimétisme », « instincts sociaux ».

I

RECHERCHE DANS L'ACTIVITÉ DES ANIMAUX ARTICULÉS DES SURVIVANCES DES TROPISMES ET DE LA SENSIBILITÉ DIFFÉRENTIELLE

La notion des tropismes appliquée à l'analyse de l'activité des animaux les plus inférieurs a été des plus fécondes. Malheureusement, certains auteurs ont voulu voir partout des tropismes et il en est résulté des abus regrettables ; j'ai insisté plus haut sur la nécessité de donner des *critères objectifs* des tropismes, et, dans chaque cas particulier, de chercher à les appliquer, pour voir si, oui ou non, on a le droit de parler de tropisme.

Chez les insectes, l'attraction par les fleurs a été souvent considérée, dans ces dernières années, comme un tropisme ; mais quand il s'est agi de savoir si c'était un chimiotropisme ou bien un phototropisme on ne s'est pas mis d'accord. Plateau soutient que les couleurs ont un rôle peu important et qu'il y a attraction par les parfums. Forel professe l'opinion opposée, et fait intervenir la mémoire associative. L'attraction par les fleurs ne serait pas un tropisme.

Le problème de l'existence ou non des tropismes

chez les arthropodes a beaucoup préoccupé les auteurs ; rien qu'en 1908, huit mémoires ont été consacrés à sa solution.

Anna Drzewina d'une part, et S. J. Holmes d'autre part, tout à fait indépendamment l'un de l'autre, ont discuté, en s'appuyant sur des expériences nouvelles, la question de savoir si les crabes présentent des tropismes.

D'après A. Drzewina¹ les *Carcinus*, déposés sur une plage, se dirigent immédiatement du côté de la mer. Le mouvement présente un caractère automatique, irrésistible. La lumière, la direction du vent, la pente ne semblent pas intervenir. Cette orientation particulière de l'animal semble être sous la dépendance de l'humidité dégagée par la mer. En présence de plusieurs masses d'eau, les attractions se combinent suivant les lois de la mécanique. Y a-t-il *hydrotropisme* ?

Si on détruit la symétrie du système nerveux, pendant un certain temps le crustacé effectue des mouvements de manège, mais peu à peu ces mouvements de rotation disparaissent.

Y a-t-il là une sorte d'apprentissage de la part de l'animal ? On peut d'autant plus se le demander que l'auteur a montré que les crabes sont capables d'acquérir des habitudes nouvelles par voie associative.

Pour Holmes, la théorie des tropismes ne donne pas

1. A. DRZEWINA. Les réactions adaptatives des crabes, *Institut psychologique*, 1908.

une explication complète du « phototropisme » de certains crabes. Il fait observer¹ que, pendant le déplacement, le plan de symétrie de l'animal ne coïncide pas avec la direction des rayons lumineux (ce qui est la règle dans le phototropisme), car les crabes ont, comme on le sait, une locomotion latérale. Holmes, qui parle de la « mauvaise humeur » des crabes, qui dit qu'ils sont arrêtés ou contrariés par la « peur », invoque dans ce phénomène les sentiments peine-plaisir.

F. W. Carpenter arrive à des conclusions analogues en observant certaines mouches, les *Drosophila*.

Il serait intéressant de reprendre tous ces faits du point de vue de la chimie physique.

Je ferais remarquer que l'exemple des crabes ne me paraît pas en contradiction avec la théorie des tropismes. Dans un tropisme, les muscles agissent de la même façon à droite et à gauche du plan de symétrie, et forcément la marche se fait dans la direction de la force agissante. Or, quand les crabes marchent, les muscles agissent de façon opposée à droite et à gauche du plan de symétrie ; il y a un contraste très marqué dans les activités musculaires : les pattes d'un côté tirent à elles, alors que les pattes opposées poussent loin d'elles ; si la théorie des tropismes est vraie, la conséquence forcée est que le crabe s'oriente suivant une perpendiculaire à la direction de la force agissante ; c'est ce qui a lieu.

1. HOLMES. Phototaxis in fiddler crabs and its relations to theories of orientation, *Journ. of Compar. Neurology*, 1908.

On pourrait de même chercher des faits de sensibilité différentielle parmi les éléments des instincts. Plus loin, nous le ferons, en analysant l'instinct dit de la « simulation de la mort ».

Voyons maintenant ce qui fait la trame essentielle des instincts, les phénomènes associatifs.

II

ÉTUDE DES SENSATIONS ET DE LEURS ASSOCIATIONS CHEZ LES ANIMAUX ARTICULÉS

A. — Discussions sur l'existence de ces sensations.

La question de l'existence des sensations chez les animaux inférieurs, celle de la nature de ces sensations chez les animaux supérieurs, ont donné lieu de tout temps aux controverses les plus vives.

Récemment, comme nous l'avons vu, les promoteurs de l'École mécaniste allemande, Bethe, Th. Beer, Uexküll, ont été jusqu'à la négation des sensations chez les animaux inférieurs, dépassant ainsi Descartes, l'illustre auteur de la théorie des bêtes machines, et Jacques Loeb, qui, il y a quelque vingt ans, a montré que beaucoup des actes des animaux inférieurs sont des réactions purement mécaniques, c'est-à-dire directes, et dépendant uniquement des propriétés générales de la matière vivante. Descartes fait observer dans une de ses *Lettres* que son opinion « n'est pas si cruelle aux animaux » ; il n'ôte la vie à aucun animal, il ne lui refuse pas même le sentiment « autant qu'il dépend des organes du corps ». Loeb, d'autre part, parle, même chez les animaux les plus inférieurs, de « sensibilité », et a reconnu souvent

chez eux des rudiments d'une « mémoire associative ».

Pour beaucoup d'auteurs allemands, au contraire, l'activité des animaux inférieurs serait faite uniquement d'actes purement mécaniques. Ces animaux réagiraient mécaniquement aux causes nuisibles. La sensibilité serait inutile chez eux ; elle n'existerait même pas.

Pour Ziegler, « il est peu probable que les animaux inférieurs ressentent la douleur » ; un ver qu'on écrase et qui contourne son corps de multiples manières ne souffrirait pas ! La douleur, dit-il, doit être considérée comme un *signal d'alarme*, qui permet à l'organisme de se soustraire à l'altération actuelle du corps ou de l'éviter dans l'avenir ; chez les animaux qui réagissent mécaniquement aux causes nuisibles, ce signal serait superflu.

On peut formuler ce raisonnement en trois propositions : La douleur est un luxe inutile ; or, il n'y a pas de luxe inutile dans la nature ; donc, la douleur n'existe pas.

Ce raisonnement découle de la loi dite d'économie, mais il n'est pas forcément vrai pour cela.

Je crois, comme tous ceux qui ont beaucoup observé les animaux inférieurs, qu'il est impossible de nier chez eux les sensations, mais je comprends un peu l'attitude de Ziegler quand je lis les écrits des auteurs pour lesquels le mot *sensation* implique la *conscience*.

Or, beaucoup de philosophes insistent sur ce qu'on ne doit jamais oublier que la conscience ne peut se révéler par aucun signe objectif, qu'elle est en dehors

du domaine des investigations scientifiques. Pour Ribot, la conscience, c'est la veilleuse interne qui éclaire un écran ; elle aurait sur la marche de l'intelligence la même influence, exactement, ni plus, ni moins, que cette veilleuse sur la marche de l'horloge. Pour Rémy de Gourmont : « Savoir si les animaux sont doués de conscience est assez difficile, et peut être assez inutile. »

B. — Discussions sur les critères des sensations.

Je crois qu'on peut parler de sensations chez les animaux, même inférieurs, mais en entendant par « sensations », non des phénomènes de conscience, mais bien des impressions du système nerveux qui se révèlent à nous, objectivement, par certaines réactions de l'être.

Quels sont les signes objectifs révélateurs des sensations ? Lamarck avait déjà cherché à répondre à cette question.

« N'y a-t-il pas quelque signe constant ou particulier qui puisse nous faire comprendre qu'un être différent de nous-même éprouve un sentiment quand il est affecté, et peut-on toujours accepter comme un témoignage le mouvement correspondant qu'il exécute alors, ou, comme en général, un animal ne donne pas d'autres signes de sentiment produit que les mouvements de ses parties, ces mouvements ne peuvent-ils pas souvent nous tromper et être dus seulement à l'*irritabilité* produite dans les parties de l'animal ? »

« Je ne connais, ajoute Lamarck, aucun signe cer-