

APPENDICES A MON MÉMOIRE

SUR LES

SENSATIONS DES INSECTES

PAR

AUG. FOREL

I

Mon travail sur les sensations des insectes, publié dans les numéros 1 et 2 du tome quatrième de ce Recueil, contient une erreur regrettable provenant de ce qu'au moment où j'écrivais je n'avais plus le mémoire original de M. le prof. SORET (Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violetts par diverses substances, V^me mémoire, *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, X, p. 429, 1883) sous les yeux. J'ai écrit, page 148, que SORET ayant démontré l'absorption à un haut degré des rayons ultra-violetts par les milieux de l'œil des vertébrés, *ce fait à lui seul suffirait à expliquer pourquoi nous ne voyons pas cette couleur*, et plus loin, page 175 : « *Et il est probable que si l'ultra-violet n'impressionne pas notre rétine, c'est sim-*

plement parce que, comme l'a démontré Soret, les milieux réfringents de l'œil des vertébrés l'absorbent.

En fait, SORET a démontré que les milieux de l'œil humain doivent absorber tous les rayons ultra-violet dépassant la raie U solaire, c'est-à-dire toute la partie du spectre ultra-violet qui n'existe pas dans la radiation solaire.

Le reste de l'ultra-violet compris entre les raies H et U du spectre solaire n'est absorbé que *partiellement* par le cristallin et la cornée (complètement chez le bœuf et les gens âgés), d'autant plus que les rayons sont plus réfringibles, presque complètement entre les raies Q et U.

Les rayons entre H et Q au moins arrivent donc partiellement à notre rétine, et si elle ne les perçoit pas comme couleur, c'est qu'elle y est moins sensible qu'aux rayons du spectre visible.

Du reste les limites sont variables suivant les individus, et certaines personnes, surtout lorsqu'elles sont jeunes, voient en violet très foncé ce qui pour d'autres est encore dans l'espace ultra-violet invisible. D'un autre côté, l'on a observé que l'ultra-violet peut être perçu comme un fond gris-lavande sur lequel se détachent encore les raies L à Q du spectre solaire, et même jusqu'à la raie S chez les opérés de la cataracte (CHARDONNET). Ce dernier fait montre que l'absorption par les milieux réfringents n'est pas sans influence sur la non-perception de l'ultra-violet.

Tout cela n'infirme du reste que la conclusion trop hâtive que j'avais eu le tort de tirer sur notre vue humaine et nullement les résultats des expériences sur la vue des insectes.

II

Deux travaux récents viennent corroborer ou compléter mes expériences :

G.-W. PECKHAM (Some observations on the special senses of wasps; *Proceed. of the natural history Soc. of Wisconsin*, Avril 1887) a fait de nombreuses et bonnes expériences sur les sensations des guêpes. Sans connaître les expériences de FABRE sur les *Chalicodoma*, il en a fait d'analogues très nombreuses sur les guêpes (*Vespa*) et arrive à nier complètement, comme je l'ai fait, l'instinct mystérieux de la direction, la « *Bee line* » et « *Wasp line* » de LUBBOCK. Les guêpes volent d'abord tout de travers lorsqu'on les éloigne beaucoup de leur nid, et ne le retrouvent finalement qu'en cherchant. PECKHAM trouve, comme nous, que les guêpes n'entendent pas, qu'elles ont de la mémoire, qu'elles flairent l'odeur des choses qu'elles recherchent, tandis qu'elles ne font pas attention à diverses odeurs fortes pour l'homme, etc.

HANDL (Ueber den Farbensinn der Thiere und die Vertheilung der Energie im Spectrum, dans XCIV. Bd. der *Sitzb. d. K. Akad. d. Wissensch.*, Wien, II Abth. Dec. Heft, 1886) émet une théorie physique à propos des expériences de GRABER sur les sensations dermatoptiques de divers animaux, partant du fait que d'après GRABER ces animaux se divisent en deux catégories, ceux qui aiment et ceux qui fuient la lumière. Les premiers recherchent les couleurs d'autant plus qu'elles se rapprochent de l'ultra-violet, les seconds les fuient d'autant moins qu'elles vont vers l'infra-rouge.

GRABER avait cru pouvoir conclure que les animaux en question perçoivent les couleurs par la peau. HANDL n'est pas de cet avis et s'exprime en résumé comme suit :

« Viel einfacher und ohne alle Schwierigkeiten lassen sich
 « die Graber'schen Gesetze erklären, wenn man annimmt,
 « dass die Versuchsthiere überhaupt keinen Farbensinn
 « besitzen, wohl aber einen Helligkeitsinn von der Art,
 « dass die Stärke ihrer Empfindungen der wahren Energie
 « der Äther-Schwingungen (der absoluten Lichtintensität)
 « genau oder wenigstens annähernd proportional sei. Da

« nach den oben (*Absatz III*) vorgetragenen Erörterungen
 « die Energie der Schwingungen von der Wellenlänge
 « abhängt und höchst wahrscheinlich mit abnehmender
 « Wellenlänge zunimmt, so erscheint es wie selbstverständ-
 « lich, dass die lichtfreundlichen Thiere die kürzeren Wel-
 « len, d. h. die grössere Energie, den längeren Wellen vor-
 « ziehen, und die lichtscheuen sich gerade umgekehrt ver-
 « halten, etc. »

Sans toucher ici aux propositions mathématiques de HANDL, nous voyons que son opinion est identique à celle que j'ai exprimée dans mon travail (p. 177) sur les sensations dermatoptiques. Il est clair que la méthode et l'opinion de HANDL ne peuvent s'appliquer qu'aux sensations dermatoptiques étudiées par la méthode d'attrait et de répulsion, et non point à la vue des couleurs par les yeux démontrée avec la méthode de LUBBOCK (Recherche du miel sur des disques de diverses couleurs que l'insecte retrouve toujours, lors même qu'on les change de place et d'entourage).

III

Cet été, j'ai eu l'occasion de faire à Schliersee (Haute-Bavière) encore quelques expériences sur la façon dont les fourmis du genre *Formica* se dirigent quand on les prive de la vue en leur vernissant les yeux :

1. Le 6 août, à 8 heures du matin, je me poste au bord d'un des chemins battus d'un nid de *Formica pratensis*, à sept pas du nid, à un endroit où le chemin des fourmis traverse un sentier. Je prends quelques fourmis revenant de leurs pucerons avec l'abdomen (le jabot) gonflé, signe certain que l'objectif de leur course était leur nid, et aux unes je coupe les deux antennes, aux autres je vernis les deux

yeux et les ocelles par le procédé indiqué dans mon mémoire. Les fourmis sans antennes errent en tout sens, finissent par quitter complètement le chemin, puis par rester immobiles dans un coin. Les fourmis aux yeux vernis commencent par se conduire d'une façon analogue. Quelques-unes meurent bientôt par suite des manipulations que mes doigts leur ont fait subir. Les fourmis du genre *Formica* sont à la fois très délicates et très irritables, ce qui rend l'opération de vernir les yeux et les ocelles très délicate. Cependant il est évident que les trois qui sont demeurées en bon état sont embarrassées. Elles font tours et détours dans l'herbe au bord du sentier, passant et repassant sur le chemin fréquenté par leurs compagnes, s'en écartant aussi, mais revenant sur leurs pas, sans toutefois prendre la direction du nid. Après un temps assez long et pendant que j'expérimente avec l'une d'elles sur une rampe de terre nue où passe le chemin des fourmis (entre le sentier et le nid), voici que la première vernie que j'avais laissée au bord du sentier arrive vers la rampe en suivant le bon chemin. Je la suis alors avec attention. Elle fait bien des méandres, va en haut, puis en bas, bien plus que les fourmis normales. Mais plus elle s'approche du nid, plus elle va droit. Enfin elle va très bien. Quand il lui arrive de revenir en arrière, ce n'est que pour quelques pas; vite elle rebrousse chemin dans la direction du nid. Je la suis jusqu'à l'une des portes du nid, où elle entre. Aussitôt j'enfonce mon doigt et l'attrape encore. Un examen attentif à la loupe montre au milieu d'un des yeux, au fond d'un petit entonnoir laissé libre au milieu de l'amas de vernis noir, deux ou trois facettes demeurées libres. Ces deux ou trois facettes entièrement entourées d'un haut rempart de vernis noir ne peuvent pas, à mon avis, avoir servi à la diriger. Cependant cela gâte l'expérience. Les deux autres fourmis vernies, plus vite découragées, s'étaient blotties sous des feuilles et ne voulaient plus marcher. Je dus alors m'en aller.

2. Les expériences suivantes ont été faites le 8 août, sur le chemin d'une fourmilière de *F. pratensis* bien plus considérable que la précédente, à quarante pas et plus du nid qui était situé dans un pré. Le chemin des fourmis sortait du pré pour traverser une route. De l'autre côté de la route il longeait un petit sentier à peine marqué, perpendiculaire à la route et bordé de broussailles (avec un peu de gazon bas entre le sentier et les broussailles). Les fourmis passaient dans le gazon ou sur le bord même du sentier. J'expérimente d'abord en ce dernier endroit, et toujours sur des ouvrières rentrant au nid avec l'abdomen gonflé de liqueur de pucerons.

a. Je suis d'abord sur un espace de sept pas une ouvrière normale, pour comparer. Elle va droit, sans hésiter, sans se fourvoyer. Une seule fois elle rebrousse chemin, mais seulement de deux ou trois centimètres, puis elle reprend la bonne direction.

b. Une ouvrière porte une chenille au nid. Je lui coupe d'un coup de ciseaux les deux antennes. Elle s'enfuit en quelques sauts puis demeure immobile. Je lui rends la chenille, la lui mets entre les jambes, etc. Elle n'y fait plus attention et ne sait plus trouver le chemin du nid.

c. A diverses autres ouvrières je coupe les deux antennes (en général seulement les funicules, ce qui suffit, car eux seuls portent les organes sensoriaux). L'effet est toujours le même. Elles perdent toute direction, font quelques circuits, passent à travers la route fréquentée par leurs compagnes sans y faire attention ou en fuyant ces dernières, et vont toujours bientôt dans un coin demeurer immobiles.

d. A une autre ouvrière, je vernis soigneusement et *complètement* les yeux et les ocelles. Puis je la remets sur le chemin des fourmis, au bord du sentier, très près de l'endroit où je l'avais prise, mais un peu plus près du nid (à environ quarante pas du nid). Elle hésite un peu, puis prend

la bonne direction. Mais elle fait de nombreux méandres, revient sur ses pas, fait des excursions de côté, jusque dans les broussailles ou sur le sentier. Cependant elle revient toujours sur le bon chemin (fréquenté à cette distance du nid par peu d'ouvrières seulement) et le suit en somme fidèlement, malgré des retours en arrière ou des écarts de côté de un et même de deux décimètres. L'intention n'est pas douteuse : elle veut rentrer au nid ; mais elle a infiniment plus de peine à trouver son chemin que les autres fourmis. Elle suit de cette façon sous mes yeux la bonne voie sur un espace de sept de mes pas et se rapproche ainsi d'autant de son nid. Elle arrive alors à la route citée plus haut et commence d'abord fort bien à la traverser. Mais arrivée vers le milieu, elle commence à s'écarter de la ligne suivie par ses compagnes et à descendre la route. Elle cherche, va et vient en tous sens, mais se perd de plus en plus, allant à la dérive et descendant en somme la route perpendiculairement à la ligne qu'elle aurait dû suivre. L'écart d'un mètre environ de la ligne à suivre suffit pour la perdre. Après de longues recherches infructueuses, elle descend la route à la dérive, s'éloigne de sept pas environ du bon chemin et finit par aller se perdre dans les broussailles au bord de la route, où, fatiguée, elle va se blottir. Il faut dire que tout le bord de la route est fréquenté par de nombreuses compagnes de sa fourmilière qui y fourragent.

e. Je vernis encore de même deux autres ouvrières et les remets, l'une à l'endroit où je l'avais prise, l'autre beaucoup plus près de son nid. L'heure est plus avancée et la chaleur augmente. Elles cherchent toutes deux très longtemps, revenant plus ou moins au point de départ. Il me paraît évident, à leur allure, que lorsqu'elles sont sur le chemin de leurs compagnes, elles s'en aperçoivent et cherchent à le suivre. Elles remarquent aussi leur erreur quand elles se sont trop écartées, car elles reviennent sur leurs pas. Deux fois elles s'en-

gagent dans la direction inverse, c'est-à-dire en suivant bien le chemin de leurs compagnes, mais en s'éloignant de leur nid. Enfin toutes deux, fatiguées de leurs méandres et de leurs erreurs, finirent par se blottir sous les cailloux ou les feuilles situées sur le chemin de leurs compagnes. L'une d'elles fut remarquée et recueillie par une compagne qui la porta au nid suivant le système de transport mutuel des *Formica*.

Le résultat de ces quelques expériences paraît au premier abord en contradiction avec mes observations antérieures sur les *Camponotus ligniperdus* ainsi que sur les *Formica sanguinea* et *fusca* qui, les yeux vernis, se dirigeaient et transportaient leurs nymphes aussi rapidement et aussi sûrement d'un bout à l'autre de leur récipient que leurs compagnes non vernies (c'était surtout frappant dans l'expérience n° 45, p. 171 et suiv.). Les présentes expériences prouvent en tout cas que la vue aide beaucoup plus à la direction des *F. pratensis* que je ne l'avais cru auparavant, et que la perte de cette sensation les met dans un grand embarras lorsqu'on les éloigne trop de leur nid, lors même qu'on les place sur le chemin qu'elles connaissent et qu'elles suivaient un instant auparavant. Cependant, en somme, j'ai reconstaté le fait fondamental qui était résulté de toutes mes expériences précédentes : sans antennes, elles sont entièrement perdues ; sans yeux elles peuvent encore arriver à retrouver leur chemin *si on ne leur donne pas une tâche trop difficile*. Mais à l'ordinaire les deux sens leur servent à se diriger, et en cela je suis obligé de modifier un peu mon ancienne opinion qui donnait une omnipotence trop absolue aux antennes pour la faculté de se diriger chez les fourmis.

Si nous tenons compte des faits suivants, la contradiction apparente se réduit du reste à fort peu de chose ou à rien :

1. La *Formica pratensis* (les *Formica* en général) est une des fourmis qui ont la vue le plus développée et qui d'em-

blée paraissent plus que d'autres s'en servir dans leurs excursions hors du nid, ce que j'ai déjà fait remarquer diverses fois.

2. Les fourmis du genre *Formica* ont l'odorat des antennes relativement peu développé (j'y ai déjà rendu attentif ailleurs), et il leur arrive assez souvent de se perdre sans qu'on les ait privées de la vue ni de rien. Elles sont alors parfois recueillies par leurs compagnes comme l'une de nos aveugles l'a été dans les expériences ci-dessus.

3. Les difficultés à vaincre étaient grandes dans les dernières expériences, petites dans les précédentes (en particulier dans l'exp. n° 45 qu'on vient de citer). Il peut être facile de retrouver son chemin sans yeux dans une boîte alors que c'est difficile en plein air et loin de son nid.
