

L'Instinct et l'Intelligence chez les Hyménoptères

XI. — La construction des cellules hexagonales par les Guêpes et les Abeilles.

PAR
L. VERLAINE

C'est Charles JANET (1894-1903) qui a le mieux étudié la construction des cellules hexagonales par les Guêpes. Ses prédécesseurs n'avaient guère touché à cette question, et les biologistes, Paul MARCHAL lui-même, ont sans doute été satisfaits de ses observations nombreuses et d'une très grande précision, car personne à ma connaissance ne s'est intéressé après lui à ce problème qui, transposé dans le domaine des Abeilles, a provoqué tant de discussions depuis l'antiquité jusqu'à nos jours.

Ch. JANET démontre, au moyen de figures schématiques, que la reine édifie d'abord l'ébauche d'un alvéole cylindrique, à laquelle elle fixe presque en même temps, sous la forme d'un nid d'Hirondelle, l'ébauche d'une seconde cellule qui devient bientôt aussi grande que la première; puis, immédiatement, dans chacun des deux angles formés par ces deux premières constructions, elle amorce une nouvelle loge. Le nid est alors représenté par un groupe de quatre alvéoles disposés en croix (fig. 10, pl. I). C'est autour de ce groupe et non autour de la première cellule que seront bâtis progressivement les cercles concentriques de nouvelles loges (fig. 1).

Les cinq cloisons mitoyennes des quatre premières loges sont donc primitivement courbes, mais elles ne tardent pas à devenir parfaitement planes. En coupe, chacune de ces cloisons est représentée par une ligne droite qui occupe exactement l'emplacement de la corde tendue entre les points d'intersection des arcs des deux cercles qui empièteraient légèrement l'un sur l'autre s'ils étaient entièrement dessinés tous deux.

L'aplanissement des cloisons ne se produit pas mécaniquement, par une sorte de tension analogue à celle qui détermine une surface plane entre deux bulles de savon que l'on réunit, car le papier dont le nid est construit est consistant, surtout chez *Vespa crabro*, la mieux étudiée par Ch. JANET. Quand les deux premiers alvéoles ont presque atteint la même grandeur, la courbure de la cloison mitoyenne est effacée par la reine qui la bâtit désormais en ligne droite parfaite, sans rien changer toutefois à la courbure des bords libres. La nouvelle méthode de travail adoptée par la reine n'est pas le résultat d'un calcul de sa part. Elle dérive tout naturellement de la position la meilleure que prend la Guêpe pour allonger cette cloison. On voit la bête embrasser les deux cellules de manière à placer le plan dorsiventral de son corps dans le plan de cette cloison, et poser la pâte en avant, puis l'amener vers l'arrière en l'amincissant.

Dès à présent, toutes les cellules tirent au moins deux de leurs six faces des édifices auxquels elles viennent s'accoler. Les autres faces forment d'abord une surface courbe unique, aux dépens de laquelle elles seront constituées plus tard, quand les bords de la nouvelle cellule à laquelle elles appartiennent auront rejoint les bords des cellules auxquelles cette nouvelle loge se trouve adossée. Chaque fois que la Guêpe allonge une cloison séparatrice de deux loges déjà entourées partiellement de cellules transformées en un prisme hexagonal, elle s'oriente de manière à placer la ligne médiane de son ventre sur une cloison déjà rectifiée qui se trouve placée dans le plan de la cloison à laquelle elle travaille, et elle pose ses deux paires de pattes postérieures sur des cloisons parallèles situées symétriquement, à gauche et à droite de ce plan. Placée dans cette position, elle reçoit donc toujours un ensemble d'irritations tactiles bien définies et invariables. Cette manière de faire est toute naturelle. Elle explique fort simplement l'étonnante régularité des cellules qui composent un gâteau (Ch. JANET, 1903, p. 70). Mais elle explique aussi pourquoi les premières loges doivent rester cylindriques, pourquoi tous les alvéoles récemment construits en bordure du gâteau sont des fragments de cylindres jusqu'au moment où ils sont recouverts par d'autres loges.

Ch. JANET (1903, p. 78) insiste sur la constance absolue de la forme circulaire des premiers alvéoles et de toutes les cellules qui bordent le gâteau. Il se donne la peine d'expliquer, en s'aidant de nombreuses figures, comment le premier alvéole devient hexagonal, comment les fragments de cylindres périphériques se brisent en 2, 3, 4 ou 5 faces planes, selon l'endroit qu'ils occupent. " Un alvéole devient hexagonal,

dit-il, simplement parce qu'il est entouré de six alvéoles et qu'il faut par conséquent six cloisons pour séparer des cavités ainsi juxtaposées " (p. 81). Quand par hasard, comme il a pu le constater deux fois chez, *Polistes gallica*, la première cellule n'est entourée que de cinq loges elle devient pentagonale, mais cette irrégularité doit vraisemblablement disparaître après un certain temps dans le nid des *Polistes* comme sur les gâteaux d'Abeilles (fig. 19 et 16, pl. II).

La Guêpe ne sait donc pas qu'elle doit bâtir des alvéoles hexagonaux. La forme des cellules et la grande régularité que présente l'architecture des gâteaux ne réclament d'elle aucune faculté psychique quelque peu supérieure ; elles sont toutes deux la résultante fatale d'un concours de circonstances banales.

Ch. JANET n'a jamais été aussi explicite concernant le mécanisme suivant lequel les cylindres primitivement ébauchés se transforment en prismes hexagonaux. Pourtant, son explication, à laquelle il consacre pour la première fois un chapitre spécial dans l'ouvrage de synthèse publié en 1903, diffère assez bien de ce qu'il dit avoir observé, huit ans plus tôt, dans son travail le plus important sur l'histoire d'un nid de *Vespa crabro* depuis l'origine (1895, b).

Dans ce travail, en effet, nous lisons (p. 58) : " Les figures 23 (p. 30) et 25 (p. 32) montrent la forme rétrécie et arrondie que présentent les alvéoles à leur origine. Cette forme devient nettement hexagonale dès qu'ils ont un peu grandi et, surtout, dès que de nouveaux alvéoles viennent les recouvrir ". Ch. JANET a donc vu, à cette époque, des ébauches alvéolaires ayant déjà pris la forme hexagonale sur les bords des gâteaux, avant d'avoir été recouverts par d'autres. C'était un observateur extrêmement scrupuleux. Il a consigné ces observations dans ses schémas 23 et 25.

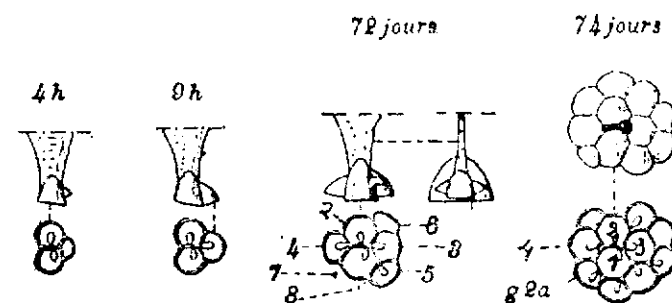


Fig. 1. — Ch. JANET, 1895 (b), p. 30, fig. 23.

La figure 1 est une photographie de la figure 23 dont parle Ch. JANET. Les stades de 72 et 74 jours représentent de petits gâteaux composés de six et de onze alvéoles bordés de cellules dont les surfaces libres ne sont pas toutes cylindriques, bien qu'aucune loge de construction récente n'ait pu déterminer la Guêpe à les traiter de cette façon. Au stade de six alvéoles atteint à 72 jours, la partie libre des cellules bordant le gâteau, numérotées 1 et 2, est brisée en deux faces planes égales ; celle des cellules portant les numéros 4 et 6 présente déjà deux faces parallèles réunies par une partie courbe qui ne tardera pas à être pliée elle-même en deux. Au stade obtenu à 74 jours, on voit que le phénomène s'est produit en ce qui concerne la quatrième cellule. Ch. JANET prend soin d'ailleurs de figurer l'envers du petit gâteau, et l'on peut constater qu'aucune ébauche établie dans l'angle formé par cette cellule et sa voisine n'a pu déterminer prématurément pareille structure.

Mais il y a mieux. Au stade réalisé à 4 heures, les deux premières loges sont cylindriques bien qu'une troisième cellule ait déjà été ébauchée dans l'angle qu'elles forment entre elles, à droite. A 9 heures, la troisième loge a grandi, les cloisons mitoyennes sont aplanies, mais, à gauche également, deux cloisons planes se sont dessinées dans les arcs de cercle.

Il s'agit ici de la formation du deuxième gâteau alvéolaire d'un nid. Or, rien de semblable ne s'est produit pendant la construction du premier gâteau du même nid, que représente la figure 2 au moment où il n'est encore formé que de dix loges.



Fig. 2. — Ch. JANET, 1895 (b), p. 7, fig. 6.

La figure 25C (p. 32) du même ouvrage, qui représente également le deuxième gâteau d'un nid, au stade de huit alvéoles, est aussi explicite ; tandis que la figure 25B, relative au premier gâteau, ne donne point de détails au sujet des cellules situées en bordure du rayon.

On peut donc supposer que les Guêpes ont appris à bâtir directement des cellules hexagonales sur les bords du gâteau en se guidant, selon les circonstances, d'après l'une ou l'autre des indications qu'elles reçoivent, toutes ensemble, des pattes et de l'abdomen, lorsqu'elles allongent

en surface plane une cloison quelconque appartenant à des cellules déjà partiellement ou complètement entourées de loges hexagonales.

Ch. JANET n'a pas fait cette supposition, bien au contraire, puisqu'il fait suivre les deux phrases que je viens de reproduire de celle-ci : "Les figures 14 (p. 20), 25 (p. 32), 28 (p. 49), 32 et 33 (p. 55) montrent la courbure que présentent les alvéoles près de leur origine, surtout lorsqu'ils sont éloignés du centre du gâteau", alors que, s'il y a apprentissage, plus le gâteau grandit et plus les nouvelles cellules doivent être édifiées directement par la nouvelle méthode, sur le modèle hexagonal. C'est d'ailleurs tout ce qu'il dit dans ce travail, et il ne revient jamais plus sur cette question importante, pas même dans sa *Notice* sur ses travaux scientifiques présentée à l'Académie des Sciences au concours de 1896 pour le prix THORE, dans laquelle il se borne à reproduire sans commentaire les figures 6 et 23 du travail original. Quant aux figures 14, 25, 28, 32 et 33, ce sont des schémas de la structure qu'offrent les gâteaux lorsqu'on les regarde de profil, et, toutes, la première citée surtout, relatives à des rayons composés de plusieurs dizaines de cellules, représentent des gâteaux bordés exclusivement de loges en forme de nid d'Hirondelle.

Or, mon hypothèse devient une certitude dès qu'on se donne la peine d'observer les Guêpes au travail, ou même simplement de dépouiller un nid de ses enveloppes et de jeter un coup d'œil sur la tranche de n'importe quel gâteau, pourvu que le guêpier ne soit pas trop petit.

J'ai trouvé un petit nid de *Vespa crabro* formé de deux gâteaux seulement, le premier comptant 74 cellules, le second 28. Les 25 cellules bordant le premier gâteau étaient cylindriques, sauf deux partiellement hexagonales. La figure 1 (pl. I) montre une de ces loges en A, dont la surface libre contient déjà une face plane. Les 16 cellules bordant le second gâteau étaient, par contre, toutes partiellement ou entièrement hexagonales, sauf trois. La figure 2 (pl. I) représente cette disposition. L'alvéole A, à peine amorcé, est déjà hexagonal. L'alvéole B, plus avancé, l'est aussi. Les loges C et D nous révèlent en outre l'adoption d'une nouvelle méthode de travail. Leurs cloisons mitoyennes 1 et 2 ont été directement édifiées sur toute leur longueur en une crête posée sur l'angle sortant formé par les deux cloisons libres des cellules F et G construites en dernier lieu sur le type hexagonal dès le début. Il en est de même de la cellule E. Cette cellule est ébauchée sous forme d'une crête longitudinale 3 fixée à la cellule H, et d'une petite crête transversale 4 qui est encore séparée de la précédente.

Que l'on dépouille de son enveloppe un guêpier quelconque de

n'importe laquelle de nos Guêpes indigènes, excepté peut-être de *Vespa media*, et l'on constate immédiatement que presque toutes les cellules du bord des gâteaux présentent, dès le début, une structure qui semble impliquer une intention de bâtir directement sur le type hexagonal. J'ai vérifié la chose sur de nombreux nids des *Vespa crabro*, *vulgaris*, *germanica*, *sylvestris*, *rufa*, *saxonica*, et même sur des nids de *Polistes gallica*. Je n'ai eu en main qu'un seul gros nid de *Vespa media*. C'était un énorme guêpier de cinq gâteaux ; absolument toutes les cellules disposées en bordure des rayons étaient bâties en nid d'Hirondelle. Dans trois petits nids de la même espèce, composés chacun de 10 à 20 alvéoles, j'ai observé la même structure, mais, dans ce cas, cela n'a rien d'étonnant.

A titre d'exemple, voici des photographies de différents fragments de nids de *Vespa germanica* : le troisième gâteau, encore tout petit, vu de face et de profil (fig. 3 et 4, pl. I) ; un fragment du bord du deuxième gâteau d'un autre nid plus développé, contenant des cellules d'ouvrières, de mâles et de femelles, ce deuxième gâteau étant uniquement formé de cellules d'ouvrières (fig. 5, pl. I) ; le bord du gâteau de cellules de reines (fig. 6, pl. I) ; le rayon d'alvéoles de mâles (fig. 7, pl. I) ; dans ce nid, les mâles ont été élevés après les femelles ; j'ai pu vérifier le sexe de toutes les grosses larves contenues dans les cellules centrales de ce gâteau.

La grandeur des cellules à bâtir n'est donc pas un obstacle à l'adoption de la nouvelle méthode. Les dimensions de la première loge d'un gâteau déterminent nécessairement les dimensions identiques de toutes les autres loges de ce gâteau. Comme P. MARCHAL (1896), j'ai trouvé chez la *Vespa germanica* des gâteaux mixtes. Cette disposition est rare et paraît accidentelle. Il est cependant regrettable que son déterminisme soit si difficile à étudier.

Mais la nouvelle méthode n'est pas utilisée par toutes les ouvrières d'un même nid. Il en est même qui paraissent très maladroites et détruisent ce que d'autres viennent de faire. D'autre part, chaque alvéole est l'œuvre de plusieurs sujets ; mais, pour peu que le nombre des innovatrices dépasse celui des traditionalistes, que le fondement surtout des nouveaux édifices soit amorcé suivant le nouveau modèle, et, fatalement, la plupart des cellules doivent, en s'édifiant sur ces bases, prendre d'emblée la forme approximative d'un prisme hexagonal.

De plus, des différences notables existent entre les nids de la même espèce. Voici un nid de *Vespa rufa* ne contenant que deux gâteaux : le second, composé d'une centaine d'alvéoles, est bordé sur tout son

pourtour de cellules hexagonales, tandis que le premier n'est bordé que de cellules cylindriques. En voici un autre, beaucoup plus gros : la nouvelle méthode n'est apparue qu'au cours de la construction du troisième gâteau sur le bord duquel il n'existe encore qu'une seule cellule dont la surface libre est pliée en deux facettes planes égales.

J'ai pu étudier un nid de *Vespa sylvestris* composé de six grands gâteaux. C'est à peine si l'on pouvait compter cinq ou six cellules hexagonales sur les bords de chacun d'eux. Par contre, cinq petits nids formés d'un gâteau minuscule de quatre à vingt alvéoles présentaient, à divers degrés, des cellules hexagonales sur les bords de l'unique rayon.

Mais les différences les plus grandes se constatent entre des nids d'espèces différentes. D'après mes observations, la *Vespa media* pourrait faire exception. Parmi les autres Guêpes de notre pays, *Polistes gallica* serait le moins apte à renoncer au procédé ancestral, de même que *Vespa saxonica*. Les loges des nids de *Polistes* sont très allongées ; elles sont d'abord toutes édifiées en cylindre et conservent cette forme jusqu'à un stade très avancé du gâteau et, même, lorsqu'elles ont atteint chacune leur grandeur normale. La plupart des cloisons mitoyennes restent donc plus ou moins courbes. Cela se voit fort bien sur la figure 7, B (pl. I). Ce petit nid montre pourtant deux alvéoles (A) non encore recouverts par d'autres, dont la forme hexagonale se dessine à l'ouverture. Mais la figure 9 (pl. I) prouve que cette disposition est d'acquisition toute récente. Elle est certainement due à l'intervention d'un individu mieux doué que les autres, et elle est le point de départ d'une transformation de l'architecture générale du gâteau.

Très voisines de notre *Polistes* sont les Guêpes africaines des genres *Icaria* et *Belonogaster*. J'ai cependant trouvé au Musée Colonial de Tervueren un nid d'*Icaria guttatipennis* originaire de Boma composé de cinq cellules seulement. Chacune de ces cellules était encore partiellement libre. La surface libre de deux d'entre elles devait donner ultérieurement naissance à quatre facettes, celle de deux autres à trois faces et celle de la cinquième à deux. Or, à l'exception d'une des deux loges de la première catégorie, les cinq loges avaient déjà la forme hexagonale. Un gâteau d'une autre espèce du même genre, composé de soixante grands alvéoles environ et ressemblant beaucoup à un rayon d'un nid de *Vespa vulgaris*, était presque entièrement bordé de cellules hexagonales dont les surfaces libres étaient pliées en deux, trois ou quatre facettes.

J'ai pu voir encore un gâteau de *Belonogaster* formé de quinze loges dont une, dessinée en hexagone au niveau de son orifice, n'était accolée

à l'édifice que par une seule face, et un petit nid de remplacement de cinq alvéoles obtenu par le D^r H. SCHOUTEDEN après enlèvement du guêpier, et construit par plusieurs individus, dont les cellules étaient déjà plus ou moins hexagonales près de leur orifice.

La Guêpe cartonnrière, *Chartergus chartarinus* SAUSS. mérite une mention toute spéciale. Son nid ressemble à un guêpier ordinaire, mais il est très massivement construit de gâteaux superposés, perforés au centre d'un orifice, et soudés à l'enveloppe sur tout leur pourtour. Comme les Abeilles qui bâtissent sur une plaque de cire gaufrée, les Guêpes de cette espèce édifient des alvéoles sur des disques épais de carton, mais elles n'ont point, comme elles, de canevas pour les guider. Or, elles peuvent jeter directement les bases de cellules hexagonales comme le prouve la figure 13 (pl. II). Cette figure reproduit l'aspect d'un fragment du dernier gâteau, d'un nid rapporté d'Amazonie par M. P. BRIEN, qui fit partie de la *Mission belge Jean Massart au Brésil*. Mais, encore une fois, les Guêpes apprendraient à se comporter de la sorte ; car j'ai pu observer le premier gâteau d'un autre nid de cette espèce, des collections du Musée Royal d'Histoire naturelle de Bruxelles, et ce gâteau, construit à la façon de tous ceux des guêpiers ordinaires, était bordé de cellules cylindriques. Une autre remarque doit être faite qui apparente cette Guêpe aux Abeilles en ce qui concerne la manière de construire. Tous les gâteaux étant soudés à l'enveloppe, les derniers alvéoles construits sont, pour la plupart, incomplets comme ceux qui fixent le rayon au cadre de bois dans la ruche. Or, ces alvéoles offrent de grandes irrégularités de structure sur les bords des premiers gâteaux, tandis que, sur les derniers rayons, ils sont aussi réguliers que les autres, quoique réduits aux deux tiers, à la moitié et parfois au tiers.

Jusqu'ici, je n'ai parlé que du travail des ouvrières, bien que j'aie signalé la structure de nids fort petits. Que fait donc la reine jusqu'au moment où elle abandonnera à ses filles le soin d'agrandir le nid à couvain ? J'ai eu la chance de trouver un nid de *Vespa vulgaris* gros comme une noix et ne contenant encore qu'un seul alvéole réduit à un cône de trois millimètres de hauteur. Cet alvéole était parfaitement cylindrique. Ch. JANET affirme qu'il en est toujours ainsi, et il a fort probablement raison. Pour qu'une Guêpe puisse apprendre à donner d'emblée la forme hexagonale aux loges qu'elle bâtit, par un processus d'association fort simple, il semble bien, d'après ce qui a été dit jusqu'ici, qu'elle doive disposer d'un ensemble de repères tactiles fournis par un système de cloisons déjà rectifiées appartenant à un groupe initial d'une dizaine de cellules parmi lesquelles certaines sont devenues

hexagonales. Mais les photographies 10 et 11 (pl. I) d'un petit nid de *Vespa sylvestris* qui ne contient encore que quatre alvéoles prouvent qu'une reine de cette espèce peut édifier des loges hexagonales dès le stade de trois alvéoles. Les deux premières loges, commencées en cylindres, prennent la forme hexagonale. Leurs bords libres, qui devraient être en arc de cercle, sont déjà plus ou moins nettement brisés en un système de lignes droites d'égale grandeur, symétrique aux trois cloisons mitoyennes dont deux seulement devraient être construites, celles qui appartiennent à la troisième loge. Car, la quatrième loge est à peine amorcée, mais elle l'est précisément déjà suivant la nouvelle méthode que j'ai signalée chez *Vespa crabro* (fig. 2, pl. I). Elle n'est, en effet, formée que d'une courte lame basale disposée horizontalement et destinée à en devenir le fond, et de deux crêtes longitudinales fixées au bon endroit sur les première et deuxième loges (fig. 11, 4, pl. I).

Cette reine s'est donc comportée d'une façon d'autant plus étonnante qu'elle a su recourir à ce procédé qui consiste à bâtir les loges non pas par tranches horizontales, du fond vers l'ouverture, mais par tranches longitudinales, alors qu'il est bien évident que, dans pareil cas, l'utilisation du complexe de repères tactiles précité est impossible. L'intervention d'une intention guidée au moment où elle se manifeste par la réminiscence de connaissances acquises semble pouvoir se soutenir. J'ai d'ailleurs obtenu cette année une nouvelle preuve que certaines reines vierges travaillent pendant un certain temps, en collaboration avec les ouvrières, à l'élevage du couvain dans le guêpier, en sortent fréquemment et y reviennent chargées de butin, pendant près de trois semaines, avant de se décider à mener une vie vagabonde. Je n'en ai vu bâtir aucune, mais il est fort possible qu'elles sachent le faire.

Ainsi s'expliqueraient les différences importantes constatées entre certains nids relativement à la structure des alvéoles marginaux et la précocité de l'acquisition par eux de la forme hexagonale au cours de l'évolution du guêpier. Si les ouvrières trouvent, dès la naissance, des cellules amorcées d'après le modèle hexagonal, elles peuvent s'initier en très peu de temps à la nouvelle méthode ; sinon, elles ont tout à apprendre par elles-mêmes et à recevoir de perceptions et d'associations fortuites. A ce sujet, selon les lignées, les premiers linéaments d'une tradition paraissent se développer.

Ce serait peut-être aussi une tradition qui déterminerait le choix des matériaux utilisés par les diverses espèces de Guêpes. On sait, et Ch. JANET a insisté sur ce fait (1895, C), que les *Vespa germanica* et *vulgaris*, par exemple, utilisent, la première, des fibres de bois relativement

frais, les secondes, du bois pourri. Mais, tout d'abord, j'ai vu des *Vespa germanica* employer des feuilles vertes de Renouée, des fils de soie qu'elles allaient chercher dans l'atelier d'une couturière, de l'ouate, du papier blanc ou d'emballage. A l'Université de Liège, il existe un nid partiellement bâti au moyen d'un produit bleu. Ensuite, j'ai trouvé des nids de *Vespa vulgaris* édifiés en carton gris, comme ceux de la *Vespa germanica*. Un nid de *Vespa vulgaris*, dépouillé de son enveloppe et enfermé dans une caisse, s'est trouvé entouré, après peu de temps, de nouvelles enveloppes grises, et son dernier gâteau a été agrandi au moyen de ce matériel. J'ai même découvert un petit guêpier de cette espèce dont le premier gâteau était formé d'alvéoles centraux jaunes, tandis que tout le reste de la construction était en papier gris. C'est généralement, semble-t-il, le choix de la reine qui détermine celui des ouvrières, et le pli pris par sa progéniture se perpétue de génération en génération, jusqu'à ce que des circonstances spéciales viennent s'opposer à la conservation de la tradition.

Mais la Guêpe, dira-t-on, recueille spontanément des fibres végétales, en fait de la pâte et construit au moins des enveloppes et des loges cylindriques, sans avoir appris.

Ch. JANET (1903, p. 22) a vu une ouvrière éclore depuis peu de temps arracher les lambeaux subsistants de son propre alvéole. Il prétend (1894, p. 4) que les vieilles Guêpes construisent surtout des enveloppes, tandis que les jeunes bâtissent uniquement des alvéoles, et dit que, dès le lendemain de leur naissance, les ouvrières "savent aller enlever sur les bords de l'enveloppe de la pâte molle qu'une ouvrière âgée vient de poser, la malaxer à nouveau et l'employer à la fondation de nouveaux alvéoles".

J'ai aussi observé quelquefois le même comportement chez de jeunes ouvrières dont les ailes n'avaient pas encore acquis le pli longitudinal. Mais cette constatation n'implique nullement la spontanéité des gestes observés. Lorsqu'une Guêpe accomplit pour la première fois l'un de ces actes, elle a pu constater qu'ils s'accomplissaient devant elle, et elle est, d'autre part, incontestablement douée du pouvoir d'imiter ses semblables. Ch. JANET nous en a donné une preuve excellente (1903, p. 21) et j'en ai relevé d'autres, à différentes reprises, dans les phénomènes du retour au nid (L. VERLAINE, 1924, p. 43).

D'ailleurs, éclore depuis vingt-quatre heures dans son alvéole avant de s'en échapper, la Guêpe peut prendre connaissance des matériaux dont est constituée sa prison, apprendre même à mordiller le papier et à le déchirer en enlevant l'opercule. De ce qu'un comportement paraît

si rapidement déterminé qu'il ne serait pas possible de le filmer au ralenti, il n'est point permis de conclure qu'il soit spontané, ou déclenché par des facteurs internes ou externes exclusifs de toute intervention d'une psychologie élémentaire et parfaitement normale.

J'ai déjà signalé certaines observations qui semblent bien démontrer que les ouvrières ne peuvent généralement être instiguées à construire que par des exemples reçus de leurs aînées (L. VERLAINE, 1925, b, p. 80). Des *Vespa germanica* ou *vulgaris*, enfermées dans une caissette avec le fragment de gâteau dont elles sont sorties, sans qu'elles puissent prendre aucun contact avec des individus ayant déjà bâti, ne construisent pas, ou édifient à peine quelques crêtes disposées sans ordre et destinées à former des enveloppes. Ch. TURNER (1912) avait déjà constaté l'incapacité des *Polistes pallipes*, placées dans des conditions identiques, à fabriquer et à utiliser la pâte à papier. Mais une trentaine de *Vespa germanica*, capturées de une à vingt-quatre heures après leur naissance sur des gâteaux isolés dans une boîte, et simplement enfermées dans une petite caisse, ont adopté ce gîte. Après 17 jours, l'une d'elles y a apporté de la pâte et l'a étalée en lignes irrégulières sur le plafond et dans un coin de la caisse. D'autres l'ont bientôt imitée et sont parvenues à édifier, en huit jours, cinq constructions juxtaposées sans ordre, à peu près identiques par la forme et la grandeur aux loges faites en argile par le *Pelopaeus clypeatus* (L. VERLAINE, 1925, a, fig.). Six jours après, j'ai trouvé cinq œufs dans les angles formés par les édifices accolés l'un à l'autre. Ultérieurement, ces loges ont été partiellement détruites et employées à construire des lames courbes paraissant destinées à constituer les enveloppes d'un petit nid. Mais ces enveloppes n'ont pas été achevées. Dans le sillon formé par l'accolement de deux grandes loges posées à plat sur le plafond de la caisse, de petites crêtes transversales sont apparues et se sont transformées progressivement en trois cellules de forme irrégulière dans lesquelles des œufs ont été pondus. Aucun œuf n'a évolué, à cause du froid, sans doute, en grande partie. Ce nid en était encore à ce point le 15 octobre, soit deux mois après la constitution de la petite colonie artificielle.

Les Guêpes apprennent donc à bâtir; elles apprennent à transformer les alvéoles cylindriques en prismes hexagonaux, et à construire directement des cellules hexagonales sur les bords des gâteaux. L'apprentissage se réalise progressivement, d'une manière toute naturelle, par le jeu de perceptions actuelles et de souvenirs inévitables, en vertu d'affinités spéciales et de conditions d'existence biologiques et sociales imposées par le sort. Les processus mentaux dont il procède sont cependant assez

complexes, ne fût-ce que par leur extraordinaire variété, car la Guêpe qui bâtit est incessamment forcée d'adapter les mêmes gestes à des circonstances ou à des fins très différentes, ou des systèmes de mouvements fort différents à des circonstances ou à des fins identiques.

On parle, en effet, couramment de la construction de cellules hexagonales par les Guêpes. Mais, en réalité, celles-ci ne se trouvent avoir l'occasion de bâtir semblable édifice qu'une seule fois pour chaque gâteau du guêpier, et c'est alors toujours, semble-t-il, un cylindre qui est édifié. La seconde loge de chaque gâteau emprunte une face à la première. Elle ne doit donc plus en comporter que cinq. De la troisième à la dixième loge, il ne faut construire que quatre faces, et de la onzième à la quatorzième, que trois seulement. Désormais, tous les nouveaux alvéoles empruntent de temps en temps deux faces, généralement trois et parfois même quatre aux édifices qu'ils recouvrent (fig. 3).

Mais encore, la pratique est pour les Guêpes fort différente de ce qu'est la théorie pour nous. On les voit commencer à bâtir par la base, ou poser des crêtes longitudinales, allonger d'une seule boulette de pâte une lame en arc de cercle ou brisée déjà en deux, trois ou quatre faces planes, réserver la pâte d'une charge de fibres au bord libre tout entier d'un alvéole récemment ébauché ou à une partie, à une seule de ses faces, ou l'amincir de manière à l'étendre sur certaines cloisons mitoyennes, à rehausser même tout le pourtour d'une seule cellule, ou bien passer d'une cloison à l'autre de manière à dessiner un zigzag quelconque, tantôt ici, tantôt là, sans que l'édifice admirablement régulier dans son ensemble souffre de cette incohérence apparente dans le menu détail de la construction. En consultant les figures par lesquelles Ch. JANET (1903, p. 49) cherche à démontrer comment les cellules cylindriques deviennent hexagonales, on se rend aisément compte de la variété du travail d'allongement des alvéoles à mesure que ceux-ci se développent.

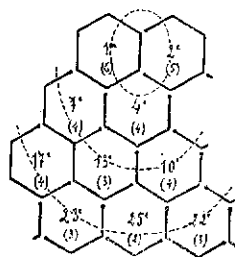


Fig. 3. — Ordre d'apparition des alvéoles.

Bien d'autres questions se posent encore. On est tenté d'attribuer la capacité des loges au fait que la bête trouve dans sa taille la mesure de l'édifice qu'elle construit, et l'on ne s'étonne pas de voir apparaître dans le nid des loges de grandeur moyenne destinées à élever des mâles, puis, d'autres, beaucoup plus grandes, réservées aux jeunes reines, au moment où la taille des ouvrières grandit et atteint son maximum. Mais, en réalité, c'est la reine fondatrice qui bâtit les alvéoles les plus petits, tandis qu'à l'époque où le guêpier contient les ouvrières les plus grosses, celles-ci sont beaucoup plus petites que les jeunes reines et que certains mâles même, dont elles construisent le berceau.

Et puis, il y a l'édification, la démolition et la reconstitution constantes des enveloppes, au fur et à mesure que le nid à couvain grossit, et tout le travail préliminaire de l'agrandissement de la fosse chez les Guêpes qui nidifient sous terre, et surtout le renforcement des pivots de soutènement avec l'augmentation du poids du guêpier, travail au sujet duquel Ch. JANET a fait de si intéressantes observations (1903, p. 12).

Ainsi donc, pas plus que les phénomènes du retour au nid (L. VERLAINE, 1924), la construction des gâteaux de cellules hexagonales n'est gouvernée, chez les Guêpes, par ce qu'on appelle un instinct. Elle procède nécessairement de processus psycho-physiologiques qui se réalisent tout naturellement et se réduisent fort probablement à de simples phénomènes de mémoire associative, appelés en psychologie humaine d'imagination, mais qui atteignent au moins toujours ce degré de complexité au début, avant de prendre les apparences de réflexes innés.

De nouvelles recherches mériteraient pourtant d'être faites sur le déterminisme des premiers gestes accomplis par la reine et surtout par les ouvrières qui commencent à bâtir.

* * *

Ces recherches, je les ai entreprises et poussées assez loin chez les Abeilles.

Depuis plusieurs années, en effet, je me suis appliqué à rechercher s'il n'existe pas des traditions dans les collectivités d'Abeilles, et, comme de juste, tous les comportements relatifs à la construction des rayons ont spécialement retenu mon attention. Je relaterai les résultats de mes expériences ultérieurement, mais le chapitre ayant trait à l'utilisation de la cire et à l'édification des cellules hexagonales trouve ici un cadre meilleur.

Mes études ont porté sur quatre sortes de ruchettes constituées au moyen d'essaims artificiels, composés uniquement d'ouvrières, d'une

reine et parfois de mâles n'ayant pu prendre aucun contact avec des individus avertis de ce qui se passe dans une ruche normale.

Les deux premières ruchettes étaient formées d'une caisse contenant uniquement des Abeilles extraites une à une d'alvéoles encore fermés, ou obtenues de chrysalides placées en couveuses. Les Abeilles de la première étaient nourries de sirop de sucre, celles de la seconde, de miel et de pollen purs et frais. Plusieurs milliers d'Abeilles réunies dans ces conditions, à une température constante de 30 à 35° C., sont toutes mortes en quelques jours.

La troisième ruchette était exclusivement composée de quelques gâteaux à peu près entièrement formés de couvain operculé. Aux Abeilles qui y sont nées, j'ai donné une reine récemment fécondée dans une ruchette de fécondation, et, pour nourriture, un aliment artificiel hydrocarboné et albuminoïde. Ces Abeilles ont été maintenues en captivité complète. Elles sont cependant parvenues à s'organiser en une collectivité.

La quatrième ruchette était formée d'une petite caisse dans laquelle j'avais introduit des Abeilles sorties de gâteaux isolés en couveuse par leurs propres moyens, d'une manière toute naturelle, et qui avaient pu prendre connaissance de ces gâteaux et de leur contenu pendant vingt-quatre heures tout au plus. Je les ai nourries de miel et de pollen et laissées libres de sortir à partir du huitième jour. J'ai placé près du plafond de la ruchette trois lattes de bois correspondant chacune à la latte supérieure d'un cadre d'une ruche normale, à une distance convenable l'une de l'autre, en les orientant comme le sont les cadres de la ruche par rapport à la porte de sortie. J'ai recouvert chacune de ces lattes d'un bac en cuivre destiné à recevoir les aliments et j'ai confié le pollen au récipient du milieu, le miel aux deux autres.

Les résultats de mes observations confirment dans une certaine mesure, et parfois d'une manière assez originale, les conclusions que je viens de tirer de mes recherches sur les Guêpes, l'opinion que je me suis faite de ce qu'on appelle l'instinct et des caractères essentiels de la psychologie animale.

Il est admis que les fonctions de cirières ne se développent que chez des ouvrières d'un certain âge. D'après LANGSTROTH L.-L. et DADANT Ch. (1923, p. 122 et 168), les ouvrières pourraient déjà commencer à construire ou à réparer les orifices des alvéoles dix jours après leur naissance. Encore faut-il qu'elles aient reçu jusque là une nourriture convenable. Le sucre leur est indispensable, et, bien que l'azote n'entre pas dans la constitution de la cire, BERLEPSCH aurait démontré que la pro-

duction de cette substance est beaucoup plus abondante quand les Abeilles peuvent également absorber du pollen. Enfin, il faut que les ouvrières, chez lesquelles les glandes à cire sont entrées en fonction, puissent récolter la cire et la travailler. Or, il est certain qu'elles en sont incapables lorsque la température intérieure de la ruche n'est pas assez élevée.

Si les Abeilles de mes deux premières ruchettes n'ont pas construit avant de mourir, c'est donc vraisemblablement parce qu'elles n'étaient pas encore assez âgées pour sécréter de la cire, puisqu'elles ont toujours eu, dans la deuxième ruchette surtout, la température et l'alimentation désirables.

Dans la troisième ruchette entièrement constituée de gâteaux de couvain operculé, les Abeilles, chauffées et nourries au moyen d'un aliment artificiel approprié, n'ont pas construit un seul alvéole pendant un mois et demi de captivité. Elles n'ont même pas fixé les gâteaux aux cadres; mais, quatre jours et demi après leur naissance, certaines d'entre elles se sont mises à réparer parfaitement les orifices déchiquetés des cellules.

Enfin, les Abeilles de la dernière ruchette, qui n'avaient pu prendre contact avec la cire qu'en découpant l'opercule de l'alvéole qui les emprisonnait et en se promenant sur les gâteaux, dans la couveuse, à l'obscurité à peu près complète, pendant vingt-quatre heures tout au plus, avant d'être enfermées avec une reine et des mâles dans une caissette contenant du miel et du pollen, mais pas une trace de cire, ont édifié de splendides gâteaux, mais dans de bien curieuses conditions.

Les quatre mille Abeilles de cette ruchette absorbaient chaque jour environ quarante centimètres cubes de miel pur et cinq centimètres cubes de pollen tassé en un bloc. Après leur avoir procuré une température de 35° C. pendant sept jours, j'ai placé la ruchette au jardin, dans un endroit ensoleillé, et j'en ai ouvert la porte. Le thermomètre m'a prouvé qu'elles étaient capables d'y développer une température constante d'au moins 30°. Au début du quinzième jour, elles n'avaient encore déposé de cire nulle part. Vers le milieu de la journée, en renouvelant leur provision de pollen, j'ai ajouté à celle-ci trois blocs de pollen intacts et contenus chacun dans une cellule de cire toute neuve. Le soir, le pollen était presque entièrement absorbé et la cire avait disparu du bac, mais il s'en trouvait une longue trainée sur les deux bords du récipient à pollen et de petits amas de diverses grosseurs éparpillés un peu partout sur les deux faces verticales des lattes en bois, de celle du milieu surtout, et même sur les parois de la caisse. Cette cire était blanche; celle que j'avais introduite dans la ruche était, au contraire, d'un jaune assez prononcé.

Les cirières s'étaient donc mises au travail, mais la sécrétion de la cire n'avait-elle débuté que ce jour-là ? Les ouvrières se montraient animées d'une activité extraordinaire. A travers la vitre qui recouvrait la ruchette, j'ai pu en distinguer une apportant de nouveaux matériaux et j'en ai aperçu au moins une trentaine qui, palpant fébrilement des antennes l'amas informe auquel elles s'étaient agrippées, paraissaient s'efforcer en vain de malaxer la substance avec l'extrémité des mandibules et d'en détacher des particules. Elles semblaient maladroitement, et abandonnaient souvent le travail commencé pour le reprendre ailleurs. Je suis cependant parvenu à en voir quelques-unes quitter le chantier et gagner le centre de la ruchette avec une petite masse blanche au bec.

Je me suis demandé si mes bêtes avaient assez chaud, et je leur ai procuré une température un peu plus élevée; puis j'ai fondu une petite quantité de cire jaune et je l'ai versée, sur une surface de quatre centimètres carrés et une épaisseur de quatre à cinq millimètres, dans le bac à pollen, à l'un de ses bouts, débarrassé d'aliments. Plusieurs Abeilles s'en sont immédiatement approchées. Elles l'ont palpée avec précaution, puis, après refroidissement suffisant, se sont mises à en détacher des parcelles et à les emporter sous le bac. J'ai vu l'une d'elles fixer sa boulette de cire au bord inférieur de la face verticale gauche de la latte supportant le bac. Elles n'ont cependant pas tardé à manifester une préférence marquée pour leur propre cire et à s'écarter de celle que je leur avais donnée.

Le lendemain, de bonne heure, j'ai ouvert la ruchette et j'en ai retiré les bacs et les lattes afin de pouvoir les examiner soigneusement ainsi que les parois et le plancher de la caisse. Sur une épaisseur de deux à trois millimètres, le fond de celle-ci était recouvert de paillettes de cire qui, depuis plusieurs jours sans doute, s'y étaient accumulées. En regardant de près deux ou trois centimètres cubes de ces paillettes, j'en ai trouvé parmi elles d'une grosseur anormale et, même, une quinzaine ressemblant à de petits cubes. La figure 12 (pl. I) représente un cercle de pellicules normales, au centre duquel se trouvent cinq blocs de cire et une pellicule et un bloc vus de profil.

Il m'est alors venu à l'idée d'observer mes Abeilles, comme je l'ai fait tant de fois déjà depuis plusieurs années, dans l'espoir d'en trouver une montrant les bords de fines lames blanches sous les arceaux ventraux de l'abdomen, et c'est avec stupéfaction que j'ai découvert, sous le ventre déformé d'une ouvrière, non point les bords minces d'une pellicule translucide, mais six énormes blocs de cire opaque, quatre d'un côté et deux de l'autre (fig. 14, pl. II). Je me suis emparé de la bête et

de quelques autres Abeilles qui se trouvaient dans le même cas. Chaque jour, pendant près de deux semaines, j'ai pu récolter de un à trois de ces curieux spécimens, puis je n'en ai plus trouvé un seul, malgré toute l'attention que j'ai apportée à mes recherches, pas même, et j'insiste sur ce fait, chez les jeunes Abeilles de la première génération issues ultérieurement d'œufs pondus par la reine et élevées par les ouvrières de l'essaïm artificiel.

Parmi mes Abeilles, il en est donc qui ne sont pas parvenues à se débarrasser de la cire, et celle-ci s'est accumulée en amas énormes sous leur ventre. La plupart ont pu cependant se défaire de lamelles normales, mais elles les ont abandonnées comme si elles en ignoraient la nature et la destination, et il semble qu'elles n'aient commencé à s'y intéresser qu'à partir du moment où je les ai mises en présence de cire étrangère sous forme de cellules contenant du pollen. Elles ont, en tous cas, beaucoup tardé à recueillir le produit sécrété par leurs glandes abdominales, puisqu'elles étaient âgées de quinze jours quand elles y sont subitement parvenues, alors qu'elles peuvent se mettre à bâtir dès l'âge de dix jours, et à réparer les loges quatre jours et demi après leur naissance.

Les jeunes Abeilles doivent apprendre à connaître la cire, sa destination, et le moyen de la recueillir et de la travailler. Cet apprentissage doit sans doute se réaliser nécessairement et plus ou moins rapidement suivant les individus, par l'établissement de rapports fort simples qui s'imposent d'eux-mêmes entre les perceptions actuelles relatives à la substance qu'elles sécrètent et la matière dont la ruche est constituée et que l'on travaille en leur présence à divers endroits, mais aussi et surtout peut-être à la faveur de certains souvenirs ; car ce produit qui les gêne à un moment donné et qu'il leur arrive de saisir fortuitement entre les mandibules au cours des soins corporels qu'elles se donnent ou reçoivent de leurs aînées, et de malaxer jusqu'à ce qu'elles soient parvenues à s'en débarrasser en le collant à un objet quelconque, leur a servi de berceau; c'est même la première chose avec laquelle elles sont entrées en contact lorsqu'avec leurs mandibules elles ont déchiré l'opercule de leur loge. L'enlèvement de la cire devant nécessairement se produire, il est probable en outre que l'habitude ne tarde pas à créer un besoin de la malaxer pendant un certain temps. Dans ma ruchette, la récolte de la cire a subi un retard assez prononcé parce que mes Abeilles ne se sont donné aucun soin corporel pendant très longtemps, alors que dans une ruche normale, les jeunes sont, dès la naissance, soignées par leurs aînées.

Les premiers amas de cire ont été déposés partout dans la ruchette, sans ordre ni aucune apparence d'intention de construire. Bien plus, la cire collée sur les bords du bac à pollen s'y est bientôt accumulée, au point de rejoindre la vitre servant de premier couvercle, en deux lames de 2 mm. d'épaisseur rendant l'accès au pollen très difficile, tandis qu'un petit gâteau amorcé sous ce bac aurait pu bénéficier immédiatement de tout ce produit apparemment perdu.

Après peu de jours cependant, je n'ai plus découvert une seule trace de cire sur les parois intérieures de la ruchette : toute la cire éparpillée un peu partout avait été soigneusement ramassée et apportée sur le chantier de construction, y compris une partie des deux lames édifiées sur les bords du bac à pollen.

Mais d'autres observations, beaucoup plus intéressantes encore, doivent être signalées.

Le jour où j'ai fait l'inspection de la ruchette, le lendemain matin de l'apparition de la cire, j'ai trouvé, sous la face verticale gauche de la latte supportant le bac à pollen placé au centre de la ruche entre les deux bacs à miel, une petite lame de cire toute blanche disposée verticalement, d'un centimètre carré de surface à peine et d'un millimètre d'épaisseur. Déjà, sur sa face gauche, trois alvéoles étaient ébauchées, deux au dessus et un en dessous, exactement intercalé entre eux. Chacun d'eux avait la forme d'un nid d'Hirondelle. Les trois cloisons mitoyennes étaient déjà plus ou moins rectilignes et formaient entre elles trois angles égaux. Du côté droit une seule fossette à section cylindrique parfaitement régulière se trouvait creusée sous le point de jonction des trois arêtes de l'autre face. Certaines facettes du fond des quatre alvéoles s'indiquaient déjà assez nettement. Le même jour, à 13 heures, cinq cellules étaient commencées sur la face gauche du gâteau et trois sur la face droite, celles du bord en nid d'hirondelle, celles du centre parfaitement hexagonales. Certaines cloisons mitoyennes étaient doubles, et les points de jonction de trois cloisons creusés d'une petite fosse triangulaire. La cire de ce gâteau semblait assez grossière. Au lieu d'être transparente et lisse, elle était opaque, grenue et portait encore les traces des fines pointes mandibulaires. A 20 heures, il y avait dix cellules sur la face gauche et cinq sur la droite. Leurs cloisons les plus élevées atteignaient déjà cinq mm. de hauteur. Le lendemain matin, leur nombre s'élevait à vingt et un à gauche et quinze à droite, et, le soir, à soixante-sept en tout, presque toutes à six faces bien régulières dont la plupart avaient atteint la moitié de leur grandeur normale. Dix-sept d'entre eux localisés au centre des deux faces des gâteaux, étaient

remplis de miel récolté dans les bacs. Deux autres petits rayons étaient ébauchés. Ils étaient également suspendus à la face latérale gauche des deux lattes supportant un bac à miel. La distance qui les séparait du gâteau central était celle qui sépare les gâteaux d'une ruche normale. Toutes les cellules avaient exactement les dimensions de celles dont étaient constitués les rayons d'où provenaient les ouvrières de l'essaim artificiel.

Ces Abeilles sont donc parvenues à nidifier sans avoir reçu aucun exemple. Mais comment ont-elles procédé pour construire ?

V. WILLEM (1929) vient de publier sur la question une excellente étude. J'ai observé longuement mes Abeilles au travail, et je puis me déclarer complètement d'accord avec lui sur le fond du problème, mais j'ai pu faire certaines observations qui me paraissent démontrer que les Abeilles apprennent à construire et peuvent, comme les Guêpes, changer de méthode dans diverses circonstances.

Comme V. WILLEM l'a si bien exposé, l'Abeille qui construit isolément, creuse par le procédé de refoulement, par une sorte de modelage, une cellule cylindrique dont le fond est à peu près hémisphérique. Dans la petite plaque de cire que j'avais donnée un soir à mes Abeilles j'ai trouvé le lendemain matin une magnifique cellule cylindrique, atteignant presque le fond du bac, et légèrement rehaussée sur les bords, et deux autres identiques, mais moins profondes, situées l'une à un centimètre à gauche et l'autre à un demi-centimètre à droite d'elle. Les jours suivants, d'autres cellules ont encore été amorcées et la plaque de cire a fini par prendre l'aspect d'un fragment de gâteau bâti sur une seule face, disposé horizontalement et composé de cellules plus ou moins régulières, de diverses grandeurs, à fond hémisphérique ou plat, séparées par des cloisons rectilignes et délimitées par des arcs de cercle en bordure de l'édifice. Les arêtes se réunissaient par trois, formant entre elles des angles plus ou moins égaux, ou par quatre, et leurs points de jonction étaient alors creusés d'une petite fosse quadrangulaire.

Mais, lorsque les Abeilles s'associent pour bâtir, il suffit qu'un certain nombre d'entre elles s'agrippent côte à côte, à la latte de bois sous laquelle le gâteau sera suspendu et dont une lame étroite a déjà été construite, en une rangée horizontale que la disposition des lieux seule peut rendre impeccable, pour que, nécessairement, résulte de leurs collaboration toute fortuite une première rangée parfaitement horizontale d'alvéoles cylindriques vers le haut et vers le bas, mais délimités chacun latéralement par deux cloisons planes, perpendiculaires au support. D'autres Abeilles viennent se suspendre à la lame de cire initiale, dont

l'édification est généralement un peu en avance sur le modelage, et s'insinuer entre les premières. Une seconde rangée de cellules apparaît alors sous la première, et les cellules du premier rang prennent fatalement la forme d'un prisme hexagonal, tandis que chaque cellule du second rang reste délimitée vers le bas du gâteau par une surface courbe qui se changera elle-même en deux faces d'égale grandeur quand elle aura été recouverte par les cellules du troisième rang.

La transformation des alvéoles cylindriques en alvéoles hexagonaux se fait donc, chez les Abeilles, automatiquement, sans l'influence de la collaboration de plusieurs individus à l'édification du rayon, tandis que, chez les Guêpes, elle est l'œuvre d'initiatives individuelles.

Si les Abeilles se groupent pour travailler, c'est que l'endroit choisi par l'une d'elles est celui qui convient le mieux à toutes. Cet endroit est localisé au centre de la ruche où la température est le moins sujette à varier. Si elles bâtissent d'abord une rangée horizontale d'alvéoles sous laquelle d'autres rangées d'une très grande régularité viennent se disposer progressivement, c'est parce que le support adopté est lui-même horizontal, et qu'il n'y a pas assez de cire pour construire plusieurs rangées de cellules en même temps.

Le support est un guide, en ce sens qu'il détermine l'orientation des cellules qui lui sont accolées, par suite, celle de toutes les cellules qui constituent le gâteau. Cette orientation est telle que deux facettes de chacune des cellules disposées en une file parallèle au support soient perpendiculaires à celui-ci (fig. 21 et 22, pl. III). Si donc le support est horizontal, chaque cellule placée sous lui a pour section un hexagone dont un angle est au-dessus et dont deux côtés parallèles sont verticaux, et le rayon est formé de rangées horizontales d'alvéoles orientés tous de cette façon. Si le support est oblique, la même disposition se réalise, mais les rangées de cellules sont obliques. Si, après avoir été horizontal, on le déplace pendant la construction du gâteau, aucune modification n'apparaît dans la disposition des cellules. Si, au contraire, le support est vertical, car il arrive que les Abeilles se mettent à bâtir contre un des montants du cadre, rien n'est changé dans l'orientation des premiers éléments de l'édifice par rapport au support. Le rayon est donc composé dans ce cas de rangées verticales de cellules. Qu'on introduise dans une ruche des cadres armés de plaques de cire gaufrée dont les empreintes alvéolaires sont disposées en rangées horizontales, verticales ou obliques, et les loges des rayons bâtis sur ces plaques seront orientées comme l'étaient les empreintes. Enfin, quand les Abeilles commencent à construire à partir d'une cellule unique collée par le fond à un support

quelconque et libre sur tout son pourtour, les premiers alvéoles qui viennent l'entourer sont généralement orientés comme elle de n'importe quelle façon, mais les irrégularités disparaissent assez vite et le gâteau finit par être constitué de rangées régulières et parallèles d'alvéoles dont l'orientation varie suivant la disposition des premiers éléments. Ces irrégularités se constatent fort bien dans la figure 19 (pl. II) qui représente un tout petit gâteau suspendu au bord de la latte horizontale supérieure d'un cadre. La première cellule dans laquelle se trouve le chiffre 1 a été ébauchée à peu près au centre de la lame basale déjà très grande, ce qui n'est pas normal. Elle est encore à peu près hémisphérique. Sept cellules l'entourent au lieu de six. La cellule marquée d'une X est pentagonale et entourée d'un cercle de cinq cellules qui sont elles-mêmes plus ou moins pentagonales.

Le gâteau de la figure 16 (pl. II) ébauché à partir de la cellule 1 sur un fil de cuivre placé verticalement devant un rayon, d'abord très irrégulièrement construit, a vite acquis une structure très régulière. Cette première cellule est entourée de sept cupules. Les cellules 2 à 7 le sont également, tandis que les loges marquées d'une X sont plus ou moins pentagonales et entourées de cinq alvéoles. On peut voir que, sous le niveau de la cellule 6 la structure normale s'est réalisée; mais que les rangées parallèles de cellules sont obliques comme la première cellule construite.

Si maintenant les ouvrières se disposent en quinconce pour bâtir, c'est qu'elles ne pourraient faire autrement. Les Abeilles de la rangée inférieure ne peuvent, en effet, que d'insinuer entre les abdomens des Abeilles du rang supérieur pour atteindre la courte lame de cire qui doit être allongée et modelée. Sous cette seconde rangée, d'ailleurs, plusieurs autres sont souvent suspendues et plus ou moins arrangées de la même manière. Parmi elles il en est qui n'attendent que le départ des travailleurs de l'étage supérieur pour aller s'installer à leur place. Mais V. WILLEM (1929, p. 30) l'a prouvé, on peut par des amorces en cire déterminer les travailleurs à se grouper de manières exceptionnelles, et par exemple aligner en séries non alternes les débuts de cellules qui prendront alors une section carrée.

Le travail achevé est parfait dans son ensemble. Mais que d'ouvrières ont collaboré à l'édification de chaque cellule! Que de retouches ou de remaniements ont été nécessaires! Que d'erreurs ont dû être réparées surtout au début (fig. 16 et 19, pl. II)! Les fossettes initiales peuvent être inégales, mais à mesure que leurs cloisons s'élèvent, une grande régularité apparaît et finit par devenir la règle générale. C'est que,

qu'elles ont refoulée et modelée en cylindres ou en nids d'Hirondelle juxtaposés — les Abeilles ont jeté les bases d'un gâteau composé de cellules qui ont pris mécaniquement la forme hexagonale mais qui n'ont encore atteint qu'un quart à peine de leur grandeur normale, elles doivent, pour achever ces cellules, remettre de la cire sous leurs bords qui sont à ce moment nettement dessinés aux angles et amincis au point de ne plus pouvoir être étirés (fig. 16, pl. II, cellules marquées d'un O les plus hautes du gâteau en construction). Or, elles exécutent généralement ce travail en suivant exactement l'hexagone, et c'est seulement quand elles se sont remises à refouler la cire apportée par elles, de de l'intérieur de la loge vers l'ouverture, que celle-ci offre une section circulaire destinée à disparaître elle-même au moment où un nouvel apport de matière sera devenu nécessaire.

Lorsqu'elles sont guidées dans leur tâche, les ouvrières peuvent donc abandonner la méthode ancestrale pour construire directement sur le modèle hexagonal. Ce fait se démontre magistralement par l'emploi de cire gaufrée, et ici, je ne suis pas complètement d'accord avec V. WILLEM.

Quatorze jours après l'apparition de la cire dans la ruchette, j'ai dû agrandir celle-ci qui possédait alors trois beaux gâteaux entièrement bâtis sur les deux faces. J'ai détaché ces gâteaux et j'ai fixé chacun d'eux dans l'un des angles d'un cadre près de quatre fois plus grand. J'ai déposé les trois nouveaux cadres dans une caisse de grandeur convenable et j'en ai ajouté un quatrième de cire gaufrée. Les Abeilles se sont mises aussitôt à y édifier des cellules, mais elles n'ont nullement commencé par creuser le fond beaucoup trop épais des alvéoles dessinés dans la cire. Elles ont laissé la plaque intacte et ont apporté de la cire vierge sur les arêtes exclusivement, par petits amas ou de courtes traînées qui n'ont pas tardé à confluer pour former de belles arêtes rectilignes, d'épaisseur égale partout et même aux angles, de beaux hexagones blancs sur le fond jaune foncé (fig. 22, A, pl. III). Seulement, en s'élevant, ces hexagones ont acquis une section intérieure circulaire (fig. 22, B, pl. III) à cause du procédé de refoulements utilisés pour allonger les cloisons. Ce n'est que quand la cire apportée sur les empreintes hexagonales s'est trouvée entièrement utilisée que les angles ont réapparu.

En regardant à travers ce gâteau partiellement bâti sur une seule face, il était aisé d'acquiescer immédiatement la certitude que la cire étrangère n'avait été amincie après coup que dans quelques cellules ; le fond de presque tous les alvéoles avait d'ailleurs gardé son brillant initial. On voit encore les trois facettes sur la figure 22, C (pl. III).

Ultérieurement, j'ai placé un second gâteau de cire gaufrée à l'autre extrémité de la ruchette, mais je l'ai orienté de manière que les rangées d'alvéoles imprimés dans la cire soient placées verticalement et non plus horizontalement. Les Abeilles se sont pour la plupart comportées de la même façon. Les alvéoles construits par elles ont gardé l'orientation des empreintes. Cette fois-ci cependant, elles ont aminci le gaufrage dans un grand nombre d'alvéoles partiellement bâtis, et démoli une partie des arêtes qui leur avaient été préparées. J'ajouterai que, le plus souvent, à cause de la pénurie de matériel sans doute, c'est le procédé décrit par V. WILLEM qui est directement utilisé. Fr. SMITH, qui a fait la même observation que moi (V. WILLEM, 1929, p. 15 et 21), ne s'est donc trompé comme le croit V. WILLEM que parce qu'il a généralisé, et parce qu'il laisse croire que les Abeilles peuvent édifier sans retouche ni refoulement d'aucune sorte des prismes hexagonaux parfaits sur la base hexagonale du gaufrage.

Mais il y a mieux. Je possédais une ruche dont les rayons étaient presque entièrement bâtis sur de minces feuilles gaufrées d'aluminium, le gaufrage ne reproduisant que les facettes du fond des loges. J'ai suivi l'achèvement des constructions et j'ai vu s'édifier de nombreuses cellules, cloison par cloison, chacune de celles-ci étant posée sur une arête légèrement saillante du métal, correspondant à la ligne de jonction de deux facettes du fond d'une loge de la face opposée du gâteau, comme dans les quelques cas exceptionnels que j'ai signalés précédemment. Le fond en aluminium des alvéoles est presque toujours resté d'une propreté absolue, bien que, dans d'autres cas, il ait été envahi sur tout son pourtour par une légère couche de cire destinée à être enlevée après coup. Les figures 17 et 20 (pl. II) donnent une idée assez exacte de la façon dont les Abeilles ont procédé (1). La figure 17 A prouve en outre qu'elles ont réellement appris à bâtir les alvéoles par paires de cloisons symétriques, édifiées isolément et accolés aux cellules existantes sur toute leur longueur, comme les Guêpes (fig. 2, pl. I).

Enfin, le canevas peut manquer totalement, comme dans le cas de la Guêpe cartonnière *Chutergus chartarinus*, dans des conditions où le procédé normal de refoulement devant conduire à l'édification d'un cylindre par la base est lui-même impossible. Ce cas ne se présente qu'exceptionnellement sur les bords des gâteaux où il m'a été donné de

(1) Observer surtout les cellules désignées par la lettre A, blanches sur fond noir, dans la figure 20.

l'observer deux fois seulement. J'ai, en effet, trouvé deux fois sur les bords d'un gâteau en construction une disposition en tous points semblable à celle que j'ai déjà décrite, mais dans laquelle la lame de cire amincie au possible, parfaitement polie et transparente, était absolument plane et n'offrait par conséquent aucune indication relative à l'emplacement sur lequel devait être posée une crête de cire nouvelle destinée à former la cloison mitoyenne de deux loges nouvelles sous l'arc de cercle de la cellule ébauchée en dernier lieu. Après avoir constaté une première fois la construction de cette crête, j'ai recueilli le fragment de gâteau présentant une structure nécessitant le renouvellement de ce comportement et j'ai photographié le document (fig. 18 A, pl. II).

Ce cas si spécial se présente, par contre, fréquemment lorsque le rayon empiète sur le cadre en bois qui l'entoure. La plupart du temps, je dois le dire, les cellules se déforment alors de la façon la plus extraordinaire; mais, au moment où les constructions envahissent le cadre, on peut voir les ouvrières jeter les bases de cloisons isolées et assez exactement orientées par rapport à celles dont elles partent et à celles qui seront construites ultérieurement (fig. 15, pl. II, et fig. 21, p. III).

Ces constatations semblent bien démontrer que Fr. HUBER (1814, vol. II, chap. III et IV) ne s'est pas complètement trompé, comme le pense V. WILLEM (1929, p. 26 à 30) dans la description qu'il donne du procédé suivant lequel, d'après lui, d'après son aide BURMENS surtout, les Abeilles construisent les gâteaux de cellules hexagonales. Si l'on s'en rapporte aux schémas de Fr. HUBER qui représentent l'ébauche d'un nouveau gâteau, et non pas l'achèvement de constructions déjà fort avancées, on peut admettre, à la rigueur, que le célèbre entomologiste s'est trouvé en présence d'un cas exceptionnel d'Abeilles ayant acquis une certaine expérience et appliquant celle-ci à l'édification d'un nouveau rayon comme le font généralement les Guêpes. Mais l'explication de Fr. HUBER reste invraisemblable et je ferais volontiers mienne à ce sujet, la conclusion que lui donne V. WILLEM (1929, p. 29). A mon avis, les Abeilles ne modifient la méthode ancestrale que si elles y sont plus ou moins forcées ou aidées par les circonstances. Comme il n'y a point de raisons pour que la reine des Guêpes cherche à donner d'emblée une forme prismatique au premier alvéole, il n'y en a point non plus pour que les ouvrières d'une ruche se donnent la peine d'édifier directement les premières loges d'un gâteau sous forme de prismes hexagonaux.

Dans d'autres circonstances encore, mais parfaitement normales, celles-ci, le procédé de refoulement ne peut pas être ou ne peut être

que très difficilement employé. Comment, en effet, les Abeilles construisent-elles les opercules qui doivent clôturer les cellules? Elles ne peuvent travailler la mince pellicule de cire à bâtir que sur la tranche ou sur une seule face. Lorsqu'il s'agit d'un alvéole d'ouvrière dont la larve prête à se chrysalider a déjà tissé le couvercle de soie, elles pourraient, en s'appuyant légèrement sur celui-ci, refouler avec précaution la cire qu'elles ont accumulée sur les bords de la loge. Mais, en général et peut-être même toujours, le couvercle est posé avant que la larve ait commencé son tissage; il l'est par le procédé qu'utilise le Pélopée, mais beaucoup plus lentement parce que la cire est moins malléable que de la boue très humide. Quand il se trouve doublé d'un léger tissu soyeux, les ouvrières n'y retouchent d'ailleurs jamais que pour en racler la cire qui leur est nécessaire pour l'achèvement des rayons. La même remarque peut être faite au sujet des opercules qui ferment les alvéoles remplis de miel. Seulement, ces opercules, au contraire des précédents, peuvent être polis parce que, après avoir été rapidement ébauchés, le miel leur sert de support.

Il suffit d'ailleurs d'observer quelques ouvrières au travail pour se rendre compte de la variété des perceptions qu'elles doivent éprouver et des actes qu'elles commettent dans le menu détail de leur ouvrage, pour acquérir la certitude qu'elles associent ces perceptions actuelles et des souvenirs de manière à adapter immédiatement chacun de leurs gestes aux circonstances, et l'on serait tenté parfois de dire à la réalisation d'une fin consciemment cherchée si l'on n'était convaincu de la simplicité des processus mentaux qui les déterminent à se comporter d'une si étonnante façon. Car l'Abeille qui bâtit ne peut pas être comparée à un mécanisme qui, une fois déclenché par un unique facteur plus ou moins complexe, doit dérouler dans un ordre précis toute la série des mouvements pour l'accomplissement desquels il a été conçu et rien que ces mouvements-là.

Une cellule achevée, je le répète, est l'œuvre de toute une phalange d'ouvrières dont chacune a interrompu et repris le travail un grand nombre de fois, à des stades d'avancement les plus variés et aux endroits les plus différents du rayon en construction. Les Abeilles ne se mettent d'ailleurs à l'ouvrage qu'au moment où celui-ci est indispensable. La reine vient-elle à disparaître par exemple, les constructions cessent aussitôt, même si on gave les ouvrières de miel ou de sucre et de pollen frais. Dès que la reine de remplacement a déposé ses premiers œufs, elles recommencent. Qu'est-ce que les Abeilles font, dans l'intervalle, de la cire qu'elles continuent sans aucun doute à sécréter? Car, si l'on

est d'accord pour affirmer que les cirières sont toujours de jeunes Abeilles (DIDIER, 1911, p. 50 ; LANGSTROTH et DUDANT, 1923, p. 119), il existe toujours des Abeilles de tous les âges dans la ruche, du printemps à l'automne. Dans les cas de disette momentanée, de la cire étrangère donnée en bloc est acceptée, sinon les Abeilles détruisent partiellement un gâteau qu'elles ont édifié elles-mêmes, mais il est à remarquer qu'elles ne s'approvisionnent alors généralement en matériel qu'aux endroits les moins favorables à l'élevage ou à l'accumulation des réserves alimentaires.

Et ce n'est pas tout encore.

Par quoi les ouvrières sont-elles instiguées à un moment donné à construire des alvéoles de mâles ou les cupules qui doivent héberger des reines, puis à renoncer à ce travail, et, surtout, qui leur enseigne le modèle, quelle est la mesure dont elles se servent ? Car, ici, on ne peut plus dire que la taille de l'Abeille est la mesure exacte qui doit fatalement donner à la cellule la capacité qu'on lui voit acquérir progressivement.

Dans ma ruchette, une larve de mâle est apparue un jour dans une loge d'ouvrière. Les Abeilles ont commencé à élargir et à allonger l'alvéole quand la larve n'en atteignait que la moitié. Plus tard, elles ont construit un opercule bombé, sans qu'on puisse dire que cette forme du couvercle ait été déterminée par la nature du contenu, la larve n'emplissant pas toute la cellule.

Il m'est venu à l'idée de supprimer la reine. Le lendemain, deux belles cupules étaient construites chacune sur trois alvéoles d'ouvrières dont les parois mitoyennes avaient été enlevées. Les jours suivants, cinq autres cupules sont apparues et, à l'exception d'une seule qui ne contenait pas de larve, elles ont été transformées peu à peu en de belles loges absolument typiques, desquelles des reines normalement constituées sont sorties. On peut admettre que certaines Abeilles puissent trouver l'occasion d'apprendre à construire des loges de mâles en établissant des rapports entre certains événements qui se produisent dans la ruche, mais les ouvrières qui édifient les cupules dans une ruche normale vers le milieu de l'année ne s'y trouvaient pas l'année précédente, à l'époque où s'est produit l'élevage de reines dont il ne reste plus de traces sur les rayons. Dans ce cas-ci donc, une sorte de lumière intérieure devrait nécessairement guider les sujets que la disparition brusque de la reine incite à entreprendre l'élevage d'une nouvelle femelle !... Voilà un beau problème à étudier pour les partisans de l'Instinct. En attendant qu'il soit résolu, gardons-nous cependant de le

décorer d'une étiquette verbale quelconque ; mettons-nous plutôt patiemment au travail.

* * *

Pour le moment, les résultats de cette recherche réclament une conclusion.

Après avoir accordé aux Abeilles des facultés supérieures aux nôtres, on a cru pouvoir réduire leur activité d'une prodigieuse variété à ce qu'on appelle un instinct, c'est-à-dire à quelques réflexes héréditaires et déclenchés fatalement, sous l'influence d'une poussée interne unique, mystérieuse, ou par un enchaînement inéluctable de stimuli externes. Ou bien cette explication a paru trop simple, et l'on a eu recours à l'intervention de facteurs psychiques tels que l'estimative ou ses succédanés, le discernement par exemple, inventés pour les besoins d'une cause qui n'a rien de scientifique.

L'Instinct n'a jamais été et ne sera jamais qu'une abstraction destinée à marquer du sceau fallacieux du savoir le stimulus ignoré d'un acte qui étonne par sa complexité et son apparente finalité.

Je ne trouve point nécessaire de recourir à cette abstraction pour expliquer le déterminisme et les mécanismes suivants lesquels se réalisent les merveilleuses constructions des Abeilles et des Guêpes, pas plus d'ailleurs qu'à une intelligence supérieure. A mon avis, les Abeilles et les Guêpes qui viennent de naître ont tout à apprendre et apprennent tout nécessairement, même lorsqu'il leur arrive de se distinguer de l'ensemble de leurs congénères.

L'édification des rayons de cire ou de carton est une résultante fatale des caractères spécifiques, anatomiques, physiologiques et psychiques de ces insectes, et des conditions de vie biologiques et sociales très stables qui leurs sont imposées par le sort. Mais cette résultante n'est possible que grâce à une intervention constante de processus mentaux qui atteignent au moins toujours le niveau de ce qu'on appelle en psychologie humaine l'imagination, et ne dépassent pas ou guère celle-ci. Ces processus ont d'ailleurs des racines profondes dans le passé des individus, pour ne nous en tenir qu'à celui-ci, sans risquer de nous égarer dans le passé de l'espèce qui nous est objectivement inaccessible.

L'acte qu'une Guêpe ou une Abeille accomplit sous nos yeux pour la première fois et qui paraît ne pas avoir de passé en a toujours un dont l'influence peut être considérable sur les comportements actuels. La vie est un flux constant : le présent procède toujours à peu près

entièrement du passé, et, dans ce qu'il peut avoir de vraiment original, il prépare l'avenir. Lorsqu'on n'oublie pas de tenir compte de l'être qui subit une excitation ou accomplit un acte quelconque, on est forcé de reconnaître qu'il ne peut exister de perceptions isolées (estimative) ni de comportements isolés (Instinct). L'ouvrière qui vient d'éclore dans un guêpier ou dans une ruche ne commence pas à vivre. Elle continue une existence dont elle a déjà passé près d'un tiers à l'état larvaire, dans des conditions qui ont donné à son activité nerveuse une orientation partiellement commune à celle que nous croyons lui voir prendre pour la première fois après la naissance. Nous n'avons donc aucune raison de nous étonner de ce que certains de ces gestes paraissent spontanés et, d'emblée, utiles à elle-même et à la collectivité. Notre étonnement est le résultat de notre assujettissement à une autre abstraction, la notion de l'utile, qui tyrannise la pensée libre, étouffe l'objectivité limpide des faits sous le voile épais de notre subjectivité et de ses tendances finalistes.

Qu'il me soit permis en terminant d'exprimer mes remerciements les plus vifs à MM. SCHOUTEDEN, D'ORCHYMONT, BRIEN et CARPENTIER pour l'amabilité avec laquelle ils ont bien voulu mettre à ma disposition les guêpiers du Musée Colonial de Tervueren, du Musée d'Histoire Naturelle de Bruxelles, de l'Université de Bruxelles et de l'Université de Liège.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- DIDIER. — *Chez les Abeilles. Les merveilles et les mystères de la ruche*, Huy, 1911.
- HUBER Fr. — *Nouvelles observations sur les Abeilles*, 2^e édit., Paris et Genève, 1814.
- JANET Ch. — Sur les nids de la *Vespa crabro* : Ordre d'apparition des alvéoles (*C. R. hebdomadaire des séances de l'Académie des Sciences*, t. 119, p. 1282, Paris, 1894).
- Etudes sur les Fourmis, les Guêpes et les Abeilles. Note 9. Sur *Vespa crabro*. Histoire d'un nid depuis son origine. (*Mémoires Soc. Zool. de France*, t. 8, p. 1, Paris 1895, a).
 - Note 10. Sur *Vespa media*, *V. silvestris* et *V. saxonica*. (*Mémoires Soc. Acad. de l'Oise*, t. 16, p. 28, Beauvais, 1895, b).
 - Note 11. Sur *Vespa germanica* et *V. vulgaris*, Limoge, 1895, c).

- JANET Ch. — Observations sur les Frelons. (*C. R. hebdomadaire des séances de l'Académie des Sciences*, t. 120, p. 940, Paris: 1895, d).
- Notice sur les travaux scientifiques présentés par M. Ch. JANET à l'Académie des Sciences au concours de 1896 pour le prix THORE, Lille, s. d.
 - Observations sur les Guêpes, Paris, 1903.
- LANGSTROTH L.-L. et DADANT Ch. — *L'Abeille et la ruche*, Paris, 1923.
- MARCHAL P. — La reproduction et l'évolution des Guêpes sociales. (*Arch. Zool. exp. et gén.*, s. 3, t. 4, p. 1, 1896).
- TURNER C. H. — An orphan colony of *Polistes pallipes* Lepel. (*Psyche*, XIX, 6, p. 184, 1912).
- VERLAINE L. — L'instinct et l'intelligence chez les Hyménoptères.
- I. Le problème du retour au nid et la reconnaissance du nid. (*Mémoires Acad. roy. Belgique (classe des Sciences)* collection in 8°. Bruxelles, 1924).
 - II. L'instinct de nidification chez le *Pelopaeus clypeatus* KOHL. du Congo belge (*Ann. Soc. Entom. Belgique*, t. LXVI, p. 198, 1925, a).
 - III. La reconnaissance du nid et l'éducabilité de l'odorat chez la *Vespa germanica* F. (*Ann. Soc. roy. Zool. Belgique*, t. LV, p. 64, 1924, octobre 1925, b).
- WILLEM V. — L'Architecture des Abeilles (*Bulletin de la Classe des Sciences Acad. roy. Belgique*, 5^e série, t. XIV, n° 12, p. 672, déc. 1928).