

QUELQUES RÉGULATIONS SOCIALES DANS LA CONSTRUCTION CHEZ LES ABEILLES

par Roger DARCHEN

Si les nombreux problèmes évoqués par le travail des Abeilles ont, de tous temps, intéressé les hommes, l'on ne peut guère, malheureusement, en trouver d'études systématiques jusqu'à nos jours. Citons RÉAUMUR proposant au mathématicien KÆNIG le problème des dimensions des fonds des cellules de cire, et les admirables observations de HUBER en 1814, décrites dans les *Observations sur les Abeilles*.

Encore faut-il à ce propos faire les remarques suivantes : tous les auteurs se sont principalement arrêtés : 1^o plus aux formes des cellules qu'aux rayons eux-mêmes ; 2^o plus à des descriptions qu'à des recherches expérimentales.

Ce qui intrigue RÉAUMUR, c'est de savoir comment les Abeilles vont incliner les losanges des fonds des cellules pour épargner la cire et emmagasiner le maximum de miel. Ce qui éveille l'attention de HUBER, c'est surtout l'évolution des cellules d'un rayon. Il évoque cependant le parallélisme des rayons, le raccordement des cellules mâles et femelles, l'irrégularité des cellules... Il pose volontairement plus de questions qu'il n'en résout. Il dit ainsi : « Comment les Abeilles prennent-elles de si justes mesures, et connaissent-elles la direction parallèle à celle du premier rayon ? Comment ces Insectes peuvent-ils se tirer d'un pas aussi difficile (passer des cellules mâles aux cellules femelles et inversement) ? » Il nous montre des doutes : « Mais, si cependant quelque chose dans la conduite des Abeilles pouvait donner l'idée d'un consentement presque unanime (ce que nous ne présentons que comme une apparence très douteuse)... »

Matériel et méthode.

D'ailleurs, la méthode employée par HUBER ne pouvait guère l'emmener bien loin dans ses observations. Pourquoi ? Parce que l'étude directe d'une ruche au travail est un problème extrêmement complexe : les Abeilles cirières ne travaillent presque exclusivement qu'en grappe qui cache les travailleuses à l'observateur. Je dirais même que sa technique pour obvier à cet inconvénient devait obligatoirement l'amener à faire des observations partielles et même des erreurs. Nous savons en effet que les Abeilles de cet auteur travaillaient à rebours, c'est-à-dire de bas en haut. Les cirières au travail étaient ainsi toujours visibles. Mais, au moyen de

cette technique, ne s'interdisait-il pas de découvrir le rôle des Abeilles entourant les travailleuses, si elles en avaient un ? HUBER ne croit pas à ce rôle parce que, dans la construction des cellules d'un rayon, il s'agit « d'opérations partielles, successives, où chaque Abeille semble agir individuellement dans une direction imprimée par l'état dans lequel se trouve l'ouvrage qu'elle est appelée à continuer ».

Avouons que HUBER, malgré sa prise de position, est souvent bien gêné par des problèmes comme le raccordement des cellules mâles et femelles et qu'il est ébranlé dans une position où l'ont amené ses expériences.

Une autre méthode de recherche était donc nécessaire. Il fallait, d'une part, laisser aux Abeilles la faculté de construire leurs rayons le plus naturellement possible et, d'autre part, provoquer quelques perturbations expérimentales pour observer leur façon d'y réagir. Je devais encore choisir les perturbations les plus simples possible, afin de permettre une interprétation facile.

Par suite, la plupart des expériences qui vont être décrites dans ce travail se référeront à cette méthode générale qui consiste à rapprocher ou à écarter anormalement des rayons et, simultanément, de couvrir ou non les rayons voisins avec une paroi quelconque de grillage, de rhodoïd ou de carton.

Je compléterai cette technique par celle qui consiste à pratiquer des brèches dans des rayons construits et à étudier leurs réparations.

Quelques ruches ordinaires, les matériaux ci-dessus, quelques morceaux de cire gaufrée, voilà tout le matériel nécessaire pour mes travaux.

La pose des assises des rayons. Les retouches.

Avant de m'indiquer le genre d'expériences à effectuer, l'observation des phénomènes naturels à l'intérieur d'une ruche va me donner la possibilité de faire quelques constatations intéressantes.

D'abord l'apiculteur débutant ne tarde guère à apprendre à ses dépens que ses ruches sont régies par certaines lois immuables : rapproche-t-il trop deux rayons, ils ne tardent pas à être réunis au grand dam de l'intérêt de ses ruches à cadres mobiles ; l'un des cadres est-il trop près d'une paroi, le voici solidement attaché au bois de la ruche ; écarte-t-il trop ses cadres, il constate des constructions parasites dans toutes les directions.

L'examen des ruches en paille ou celui des ruches Warré dans lesquelles les Abeilles peuvent construire plus librement leurs rayons nous permet ensuite d'indiquer les points suivants : 1° les rayons ne sont pas obligatoirement rectilignes et construits parallèles à un même plan d'un bout à l'autre de la ruche ; ils peuvent être courbes ou peuvent former entre eux des angles (la figure 1 nous donne quelques croquis relevés dans ces types de ruche) ; 2° cependant, ils forment toujours des régions où le parallélisme est respecté (fig. 1).

Ces observations semblent donc nous montrer que *les Abeilles cirières*

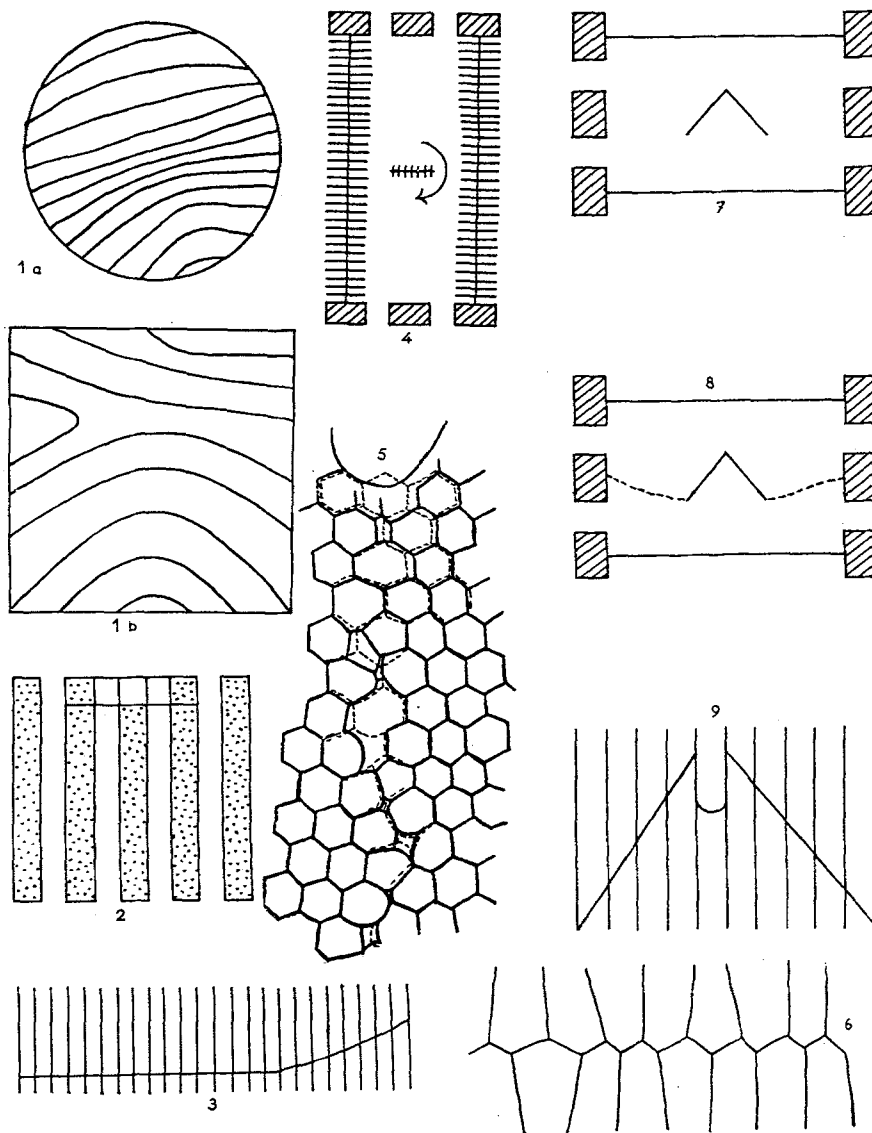


Fig. 1. Disposition des rayons dans un panier et une ruche Warré (ruches sans cadres). — Fig. 2. Les Abeilles disposent d'une façon irrégulière de nouveaux rayons sur une large assise horizontale en bois, située entre deux cadres construits. — Fig. 3. Profondeur des cellules élevées sur une lame de cire courbe. Le parallélisme entre les rayons voisins est rétabli par une variation régulière de la profondeur des cellules. — Fig. 4. Lame de cire fixée perpendiculairement au rayon. La flèche indique le sens dans lequel elle sera tordue au cours de l'étirage qui rétablira le parallélisme. — Fig. 5. Retouches des alvéoles dans la deuxième phase de la construction ; en trait plein, première phase ; les cellules de la seconde phase en pointillé. — Fig. 6. Disposition irrégulière des parois des alvéoles, vues en coupes, après des retouches. — Fig. 7, 8, 9. On introduit au milieu de deux rayons une plaque de cire formant dièdre. Les Abeilles la raccordent des deux côtés (8) puis remanient la profondeur des cellules (9) pour rétablir le parallélisme des faces des rayons. Noter que le fond de la cellule correspondant à l'arête du dièdre a été remanié et déplacé.

travaillent, au moins au début, par groupes indépendants en différents points de la ruche et qu'elles obéissent tout de même à des stimuli les amenant à rendre leurs rayons parallèles.

Un examen plus minutieux de la pose des assises de cire nous fait entrer davantage dans la technique de construction des rayons chez les Abeilles. A cet effet, dans une ruche à cadres construits, j'ai remplacé plusieurs fois l'un des cadres du milieu par un autre ne possédant aucun morceau de cire gaufrée. J'ai même élargi la barre transversale du sommet de façon qu'elle touche les cadres voisins (fig. 2).

Il s'en est suivi les faits ci-dessous : 1° deux ou plusieurs assises peuvent être fixées simultanément (photo 2) ; 2° les assises sont souvent posées quelques millimètres trop près ou trop loin du rayon voisin ; 3° les constructions nouvelles ne sont pas obligatoirement dans des plans parallèles aux plans voisins. Dans certains cas, j'ai même vu des constructions de plans perpendiculaires aux plans voisins. Je trouve ici une confirmation de ce que je viens de dire sur l'existence d'équipes d'Abeilles cirières apparemment indépendantes.

Ces faits contredisent donc les affirmations de HUBER : « L'expérience nous apprend qu'on ne voit point les Abeilles commencer çà et là différents blocs de cire en même temps. Une seule ouvrière place les matériaux dans une direction qui lui paraît convenable ; elle part, une autre la remplace, le bloc s'élève, les Abeilles sculptent alternativement sur les deux faces ; mais à peine quelques rangs de cellules sont-ils construits qu'on aperçoit deux autres blocs semblables au premier établis à une égale distance et dans une direction parallèle à la sienne, l'un vis-à-vis de sa face antérieure, l'autre de sa face postérieure... »

Mais comment expliquer alors l'ordre qui existe malgré tout dans les ruches ? Les constatations suivantes vont en rendre compte : 1° les rayons qui vont s'attacher aux assises placées trop près ou trop loin subiront une courbure de façon à être bientôt placés à la distance « standard » entre chaque cadre. A la fin de la construction de tout le rayon, la courbure disparaîtra, cachée par les parois des cellules élevées de façon que toutes leurs ouvertures soient dans un même plan (fig. 3) ; 2° les rayons fixés aux assises dont les plans forment des angles plus ou moins grands avec les gâteaux voisins vont subir une torsion au cours de leur construction de façon à être eux aussi dans un plan parallèle aux rayons voisins (fig. 4 et photo 2). Cependant, *cette retouche disparaîtra bientôt* au cours de la construction parce que les Abeilles sculpteront à nouveau la cire pour rendre les cellules de cette région semblables à leurs voisines.

RETOUCHES DE CELLULES. — *Ce ne sont d'ailleurs pas les seules retouches que j'ai observées.* Il y a quelque temps, en effet, j'ai taillé dans des rayons construits des brèches pour observer la manière dont elles étaient réparées. Ces expériences m'ont permis de diviser la réparation en deux phases : 1° une phase d'ébauche des cellules (surtout des cellules centrales) permettant ainsi un rapide colmatage de la brèche ; 2° une phase de perfec-

tionnement, dans laquelle les Abeilles cherchent à obtenir une plus grande régularité dans la forme des cellules. La figure 5 résume assez bien les documents photographiques qui nous livrent les deux phases de la réparation d'une brèche de 33 millimètres (photos 6 et 7). *La régularité observée est d'ailleurs obtenue plus au moyen des parois qui s'édifient que par la démolition des ébauches primitives* : une coupe dans le rayon permet de découvrir des fonds irréguliers et des parois dont les plans, loin d'être parallèles, se coupent entre eux (fig. 6).

RETOUCHES DE RAYONS CONSTRUITS ET DE PLAQUES DE CIRE GAUFRÉE. — *Mais quel sera le comportement des Abeilles cirières lorsqu'elles vont être obligées de se servir d'un substrat imposé ?* A cet effet, j'ai introduit au milieu de la ruche deux plaques de cire gaufrée formant un angle (fig. 7). Les Abeilles ont, d'une part, allongé les parois des cellules de façon que les ouvertures se trouvent à peu près dans un même plan. Elles ont, d'autre part, élargi le rayon ainsi formé de manière à retrouver le parallélisme avec les rayons voisins (fig. 8). *Elles ne se sont donc occupées que du plan où se trouve le bord des cellules et non pas de leur profondeur.* Celle-ci ne paraît donc pas être sujette à une régulation ou ne l'est que dans des cas exceptionnels : les cellules de l'arête de l'angle dièdre précédemment formé étaient creusées pour établir une profondeur normale (fig. 9). Comme toujours, la régularité des formes des cellules était obtenue par les parois.

A l'appui des constatations signalées, je dispose d'autres résultats. Ici, j'ai déplacé deux parties de rayon construit l'une par rapport à l'autre dans le sens horizontal (fig. 10). Les lèvres ont été soudées à nouveau sans déplacement, et les parois ont été allongées pour que les bords des cellules de chaque face soient sur le même plan (fig. 11). On obtenait ainsi des cellules anormalement profondes.

Quelques expériences nous donneront encore l'ampleur des remaniements des rayons de cire anormalement placés. La première consiste à col-

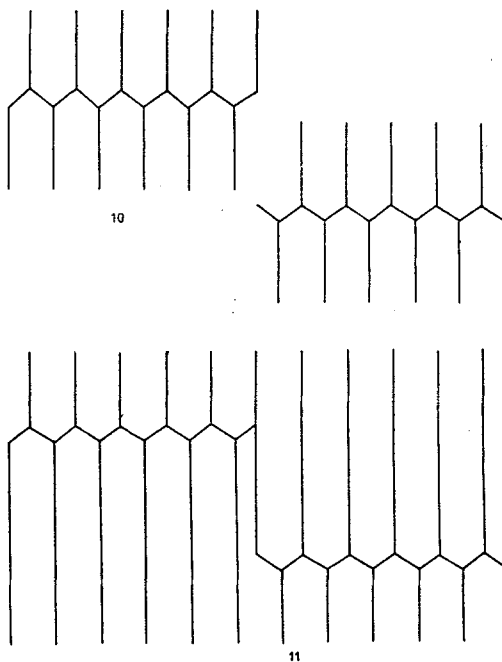


Fig. 10, 11. — Deux portions de rayons sont décalées dans le sens horizontal. Les Abeilles les raccordent (en 11) et rétablissent le parallélisme en faisant varier la profondeur des cellules.

ler un morceau de rayon construit dans un plan vertical perpendiculaire au plan du cadre déjà construit en dessous (fig. 13). Pendant un certain temps, la construction de bas en haut a semblé bloquée (je n'ai d'ailleurs pas pu voir la fin de ce travail après plusieurs mois). Il a fallu que le morceau de cire du dessus soit travaillé, sculpté à nouveau pour que le travail se poursuive lentement. La photographie présente à peu près le dernier stade que j'ai pu saisir (photo 1).

Dans la deuxième expérience, j'ai fixé un autre morceau de cire construit dans un plan horizontal perpendiculaire au plan du rayon déjà construit en dessous (fig. 12). La photographie ci-jointe nous donne encore presque la phase finale de la construction : les ouvertures des cellules ont été transférées sur les côtés (photo 3).

A ce point de notre exposé, nous pouvons formuler cette règle de la construction : *les Abeilles retouchent les cellules ou les rayons pour maintenir la plus grande régularité possible de la forme des cellules et le parallélisme des rayons.*

Le parallélisme et l'équidistance des rayons.

Il paraît intéressant maintenant de savoir comment s'opère la régulation observée, le parallélisme des rayons, et quels sont les stimuli entrant en jeu dans ce phénomène.

J'ai donc introduit à l'intérieur d'une ruche, entre deux rayons, un cadre portant une lame de cire gaufrée légèrement décalée par rapport au plan médian (fig. 14). Les Abeilles l'étirent en le ramenant dans ce plan (fig. 15).

J'ai repoussé le rayon ainsi construit pour qu'il reprenne sa position verticale trop proche du rayon voisin. Les Abeilles n'arrivent plus à l'écarter à nouveau : *la régulation ne s'opère donc que pendant la construction et non par traction sur des rayons déjà construits.*

On peut se demander encore *par quel côté se fait la régulation* puisqu'une dissymétrie est créée dans les expériences précédentes. Est-ce la distance anormalement grande entre deux rayons voisins ou la distance anormalement petite qui entraîne la régulation ? En rapprochant ou en écartant ces rayons, il est évident que *seule la présence d'un rayon anormalement proche amène la déviation en sens opposé*, alors qu'au delà de l'écart normal les variations de la distance du rayon le plus éloigné n'ont aucune influence.

Notons pour terminer que, lorsque de chaque côté du rayon en construction manque le rayon immédiatement voisin, la régulation n'existe plus.

Cependant, les apiculteurs citent un phénomène curieux s'effectuant au moment des miellées : l'allongement des cellules des hausses dont les cadres sont intentionnellement à plus grande distance que la normale.

J'ai retrouvé les mêmes résultats dans l'expérience précédente pour la partie supérieure de la languette de cire qui restait fixée dans sa position primitive. La photographie nous donne une coupe transversale effectuée dans cette région : les petites cellules se trouvent du côté du rayon anormale-

ment proche (photo 4). Qui mieux est : les cellules du rayon voisin le plus éloigné de la lame de cire gaufrée subirent à leur tour un allongement anormal, que la photographie nous met en lumière (photo 5).

De ces faits, nous pouvons déduire cette règle : si c'est nécessaire, les Abeilles établissent normalement le parallélisme par retouches successives du plan des rayons, sauf dans les cas où un substrat immuable leur est imposé. Ce sont alors les parois des cellules qui leur servent à rétablir la distance « standard » entre les rayons.

D'autres expériences vont maintenant nous fournir la réponse à cette question : est-ce la présence d'une paroi de cire ou d'une paroi d'Abeilles qui induit la courbure des rayons anormalement fixés ? On doit répondre, semble-t-il, que c'est la cire, car, si l'on recouvre d'un carton

oud'une matière plastique transparente la face du rayon le plus rapproché de la cire en construction, la courbure se forme vers eux, et non dans le sens opposé (fig. 16). Le carton est très rapidement déchiqueté. En revanche, ces mêmes matériaux collés au rayon le plus éloigné n'inversent pas la régulation normale (fig. 17). Un manteau d'Abeilles se trouve comme d'habitude sur le rayon le plus voisin (ici, le carton et le rhodoïd).

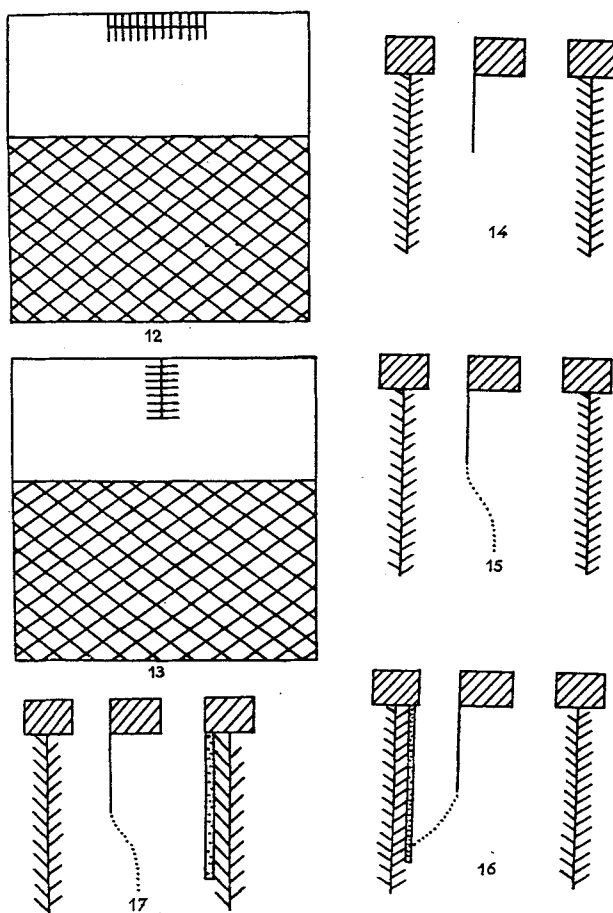


Fig. 12, 13. — Portions de rayons fixés dans un plan vertical (12) et horizontal (13) au-dessus d'un rayon déjà construit. Voir photos correspondantes. — Fig. 14, 15, 16, 17. On fixe entre deux rayons une lame de cire anormalement rapprochée de l'un d'eux (14). Les Abeilles la ramènent dans le plan médian (15), de façon à rétablir l'écartement normal (15). Mais, si le rayon le plus rapproché est recouvert de carton, la lame de cire est au contraire rapprochée et collée au carton (16). Si le carton est appliqué sur le rayon le plus éloigné, la cire est ramenée dans le plan médian comme en 15 (17).

Cependant, si je recouvre de cire l'écran interposé entre le rayon en construction et le rayon le plus voisin, je n'obtiens pas la régulation escomptée. *Serait-ce la cire façonnée en cellules qui est à l'origine du parallélisme des rayons ?*

Deux expériences cruciales confirmèrent cette opinion : 1° la simple présence d'une fenêtre d'un centimètre carré dans le carton ou le rhodoïd induisait la courbure normale ; 2° le remplacement de ces matériaux par un large écran de toile métallique, ayant à peu près les dimensions du cadre, donnait la régulation normale.

Si la cire façonnée en cellules est à l'origine du parallélisme des rayons, *il nous est facile maintenant de déterminer les stimuli entrant en action dans ce phénomène.*

Les stimuli visuels sont à éliminer, puisque la ruche est obscure. Il en est de même des ultra-sonores, provenant d'un écho hypothétique produit sur la cire, puisque celle-ci est recouverte d'Abeilles sans cesse en mouvement. Les stimuli olfactifs ne doivent certainement pas entrer en ligne de compte après l'expérience de l'écran enduit de cire. D'ailleurs, même sans ces résultats, leur rôle n'est guère pensable. *Restent donc les stimuli tactiles.*

Enfin, si on sait qu'une Abeille en train de travailler sur un rayon est trop petite pour atteindre avec l'un de ses appendices le rayon voisin trop rapproché, le problème se complique immédiatement. Les travailleuses vont-elles prendre des repères à chaque fois qu'elles construisent ? Descendent-elles le long du rayon pour contourner le grand écran métallique ? Disons tout au moins que ce serait surprenant.

On voit donc déjà se dessiner l'hypothèse de constructions sociales dans lesquelles les bâtisseuses se trouvent sans cesse en contact avec les gâteaux voisins au moyen de la chaîne cirière. Celle-ci serait donc le canal par lequel s'écouleraient les stimuli qui induisent l'écartement « standard », stimuli prenant leur source dans la cire façonnée en cellules.

Résumé.

L'étude de la construction des rayons de cire chez l'Abeille m'a permis de dégager un certain nombre de faits importants :

1° L'existence d'équipes d'Abeilles cirières travaillant, au moins au début, par groupes indépendants en différents points de la ruche. Ceci a été mis en évidence par la présence de rayons qui ne sont pas uniformément parallèles d'un bout à l'autre de la ruche, par la pose d'assises de cire dans des plans formant des angles avec les plans voisins ;

2° L'existence de modifications successives dans les cellules et les rayons de cire de façon à maintenir la plus grande régularité possible de la forme des cellules et le parallélisme des rayons. Si c'est nécessaire, les rayons en construction seront courbés, d'autres verront leur plan pivoter de 90° ; les rayons construits seront sculptés à nouveau pour que les lèvres de leurs cellules soient parallèles aux voisines ; les cellules à fonds irréguliers,

par suite de brèches ou de raccords de rayons, auront des parois édifiées de façon à obtenir les ouvertures les plus égales et les plus régulières possible ;

3° Les Abeilles s'occupent plus du plan où se trouve le bord des cellules que de leur profondeur pour établir la distance « standard » entre les rayons ;

4° L'action de stimuli tactiles, prenant leur origine dans la cire façonnée en cellules et se transmettant à travers la chaîne cirière du côté des rayons anormalement proches, afin de maintenir le parallélisme et l'équidistance des rayons.

Zusammenfassung.

Beobachtungen über die Bautätigkeit der Honigbiene haben folgende wichtige Tatsachen zum Vorschein gebracht:

Es bestehen Arbeiterschaften Wachsanscheidender Bienen die, wenigstens am Anfang des Baues, gruppenweise, unabhängig von einander und in verschiedener Punkten des Bienenstockes bauen. Dieses wurde dadurch bewiesen daß die Waben, im Freibau, selten parallel laufen und daß die Arbeitsbienen wachsschichten in verschiedenen Richtungen liegen.

Es bestehe ununterbrochene Veränderungen in der Gestaltung der Zellen und der Waben, damit die größte Regelmäßigkeit in der Form der Zellen und im Gleichlauf der Waben erhalten bleibt. Die im Bau stehenden Waben werden, wenn nötig, gebogen; andere Waben werden um 90° gedreht. Schon fertige Waben werden so wiedergeschnitten daß die Rändern der Zellen miteinanderparallel bleiben. Die Zellen dessen Grund durch Schnitte oder Zusammenfügen vom Waben, unregelmäßig geworden sind, werden so verarbeitet daß ihre Öffnungen so gleichmäßig und regelmäßig wie möglich bleiben.

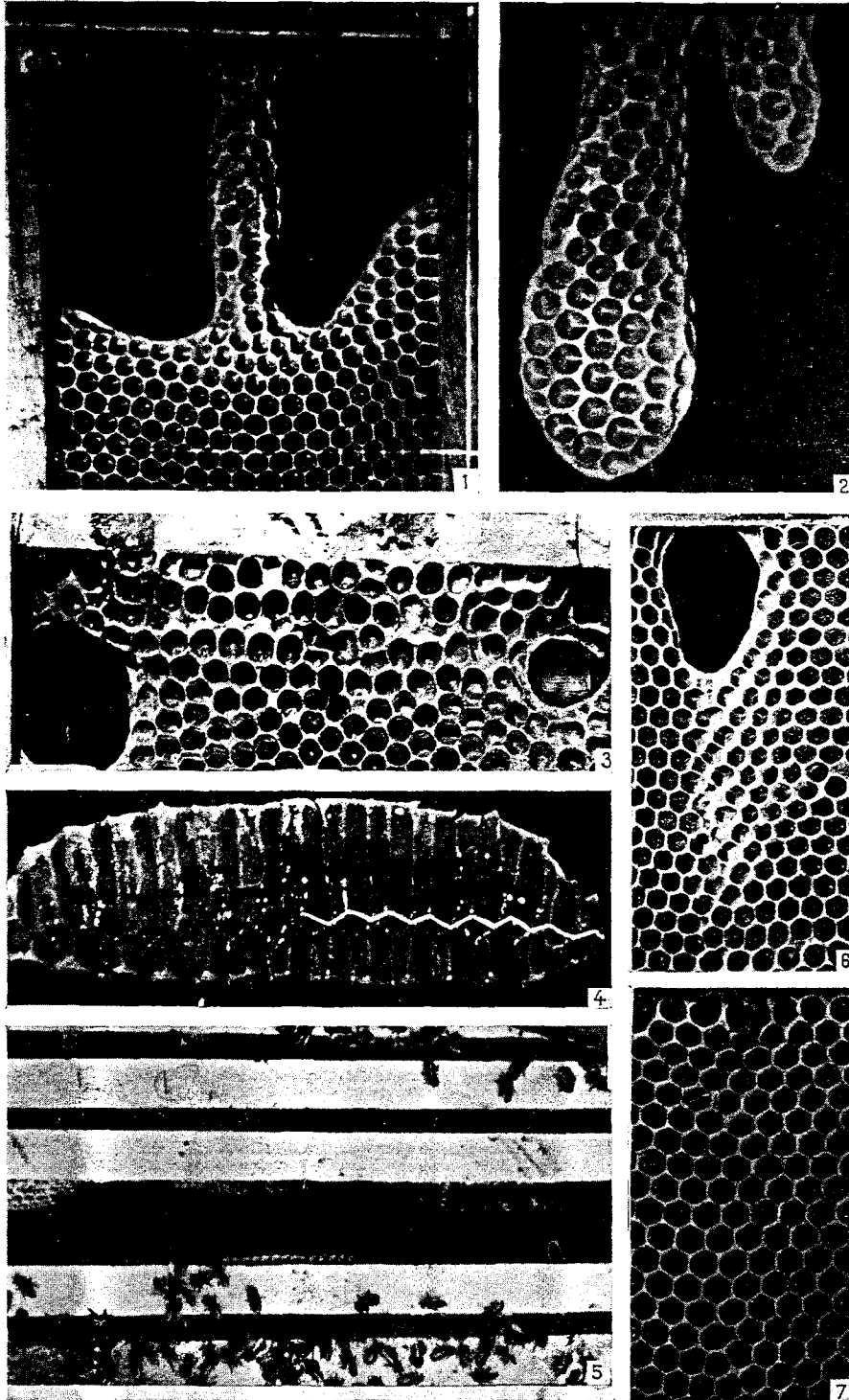
Die Bienen richten sich viel mehr auf die äußere Fläche der Zellen als auf die Tiefe derselben um den Einheitabstand zwischen der Waben zu Halten.

Es bestehen Tastreizungen die vom dem Zellenweise verarbeiteten Wachs herkommen und sich durch die Kette der Wachscheidenden Bienen bis zu den zu nahen Waben verbreiten um den Gleichlauf und den Gleichabstand der Waben zu erhalten.

Summary.

Some important facts are pointed out by this study of comb building.

In the beginning of the work, at least, the bees are performing apparently independent work. In the Hives, the combs are not always parallel from side to side; the foundation plane can be perpendicular to the neighbour ones.



Pour l'explication des photographies, voir le texte.

After-touches are often observed; they provide a better shape to the cells, to the equidistance and parallelism of combs. If it is possible and necessary, the workers will curve and turn the combs; or, once more, they rebuilt partially the combs to obtain parallelism of the edges of the cells.

The edges of the cells more than their depth, are used to settle the standard distance between combs.

Worked and too nearly founded waxseems to be the source of the tactile stimuli conveyed through the chain of the wax workers to get the equidistance and parallelism of the combs.

BIBLIOGRAPHIE

1814. HUBER. — Observations sur les Abeilles, t. 11, Genève.
1952. DARCHEN. — Sur quelques régulations sociales dans la construction chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc.*, **234**, p. 671-673). — 1952. Régulation sociale et écartement des rayons chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc.*, **235**, p. 82-822). — 1953. La régulation sociale et l'écartement des rayons chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc.*, **237**, p. 1032-1034).
-