



Le mystère des horloges biologiques

Pourquoi les fleurs éclosent-elles au printemps ? Comment les oiseaux savent-ils qu'il est temps de prendre leur vol vers le sud ? Pourquoi vous sentez-vous plus actifs à certains moments de la journée ? Les savants commencent à découvrir les mécanismes secrets des rythmes naturels.

Par A. HAMILTON

TOUS les êtres vivants semblent avoir la notion du temps. Pendant longtemps, on s'est demandé comment. Aujourd'hui, une poignée de savants étudient les rapports entre le cycle diurne de la Terre et ces mécanismes surnommés « horloges biologiques ».

Il y a deux traits distincts dans l'aptitude des plantes et des animaux à mesurer le passage du temps.

Le « rythme circadien » — dont les racines latines signifient « environ un jour ». En biologie, cela désigne des périodes d'activité rythmique qui se répètent chez les êtres vivants suivant un cycle d'environ 24 heures.

Par exemple, la division des cellules, la respiration, la photosynthèse, le métabolisme et l'activité physique dont les hauts et les bas peuvent être prévus et tracés sur une courbe.

Le « réflexe photopériodique » — comportement réglé par la longueur de la journée. Cela veut dire simplement que les plantes et les animaux ont hérité d'une « mémoire » ou connaissance correspondant à notre calendrier. Quand la journée atteint une certaine longueur, ils savent qu'il est temps de fleurir, de prendre le vol vers le midi ou de laisser pousser la fourrure hivernale.

Déranger le rythme

L'existence des rythmes circadiens et des photopériodes a été démontrée de plus d'une manière. Le Dr Karl Hamner de l'université de Californie, Los Angeles, a exposé des plants de soja à 8 heures d'éclairage et à 16 heures d'obscurité, un cycle circadien complet. A la fin de ce traitement, les plants ont fleuri. Quand la période d'obscurité fut à 24 heures, le cycle étant alors à 32 heures, les plants ne produisirent pas de fleurs. Le rythme circadien avait été dérangé.

Mais on obtint des fleurs en créant des cycles durant plusieurs fois 24 heures. Ainsi, il y eut floraison avec 8 heures d'éclairage et 40 heures d'obscurité (un « jour » de 48 heures) et aussi après 8 heures d'éclairage et 64 heures d'obscurité (un « jour » de 72 heures).

« Cela prouve, dit le Dr Hamner, qu'une plante a besoin d'une période complète de 24 heures ou d'un multiple de cette période pour son développement normal. Malgré de nombreuses expériences, il n'a pas été possible de ralentir ou d'accélérer ce rythme ou de modifier son cours régulier ».

Tout au plus peut-on déphaser le cycle — pour avancer ou reculer le développement de la plante. Ainsi, lorsque les horticulteurs professionnels veulent obtenir des fleurs qui éclosent quand les jours sont courts, comme les chrysanthèmes, ils exposent leurs plantes de serre à des périodes d'éclairage plus longues en hiver pour les empêcher de fleurir jusqu'à l'approche de la date choisie.

Le Dr Béatrice W. Sweeney, qui fait des recherches de biologie à l'université de Californie, San Diego, compare le mécanisme d'horloge à la minuterie automatique de la maîtresse de maison.

« C'est comme si vous aviez trois appareils ménagers — une cafetière, un rôti-seur et une radio — branchés tous les trois sur la même minuterie, dit-elle. La cafetière peut être réglée pour s'allumer à 7 heures du matin, le rôti-seur à midi et la radio à 6 heures du soir. Si quelque chose ne va pas sur l'un des appareils, les autres fonctionneront quand même normalement.

Vous pouvez remonter le mécanisme de la minuterie dans son ensemble mais vous ne pouvez modifier l'intervalle entre les événements ».

Le Dr Colin S. Pittendrigh de l'université de Princeton, a démontré qu'il peut changer le moment où le drosophile (mouche des fruits) sort à l'état adulte de sa coquille de nymphe en modifiant les durées d'exposition de la coquille à la lumière.

A l'université de l'Etat de Washington, le Dr Donald S. Farner, a montré que la longueur variable de la journée affecte le comportement du moineau à huppe blanche dans la reproduction et la migration.

Le Dr P.L. Adkisson de l'université du Texas, a observé que la longueur du jour

a une influence sur l'entrée en léthargie d'insectes tels que la chenille rose du coton.

Avec d'autres expériences, des chauves-souris enfermées en laboratoire dans des cages obscures ont maintenu un cycle d'activité qui suit un rythme bien défini toutes les 23 h ou 23 h 1/2. Elles savent exactement quand arrive le moment de la soirée où les insectes qui leur servent de nourriture sont les plus abondantes.

La navigation et le temps

Un exemple encore plus étonnant du sens du temps est donné par les animaux qui se dirigent en se basant sur le soleil et les étoiles. Une telle navigation exige non seulement le sens de l'orientation mais aussi le sens du temps car le soleil et les étoiles occupent des positions différentes dans le ciel suivant le moment de la journée ou de la nuit.

Un oiseau qui s'oriente sur le soleil doit savoir distinguer entre le soleil de 10 h du matin et le soleil à 2 h de l'après-midi pour pouvoir suivre une route correcte. Il doit savoir également faire une « correction » pour tenir compte de la rotation de la Terre. Il est évident, d'après leurs habitudes migratoires, que les oiseaux savent tout cela.

Dans une expérience, un certain nombre d'oiseaux furent placés dans un planétarium dont le dôme est couvert de photographies d'étoiles. A mesure qu'on faisait tourner le firmament artificiel, les oiseaux changeaient la direction de leur déplacement d'après le firmament.

Des expériences ont également été effectuées avec des abeilles pour démontrer le rapport entre les horloges biologiques et la navigation. Dans un test très original, des abeilles qui avaient été dressées dans l'Etat de New York à voler vers le Sud de la ruche pour aller butiner au milieu de la journée, furent un jour transportées par avion à réaction en Californie. Le but de cette expérience : voir dans quelle direction voleraient les abeilles lorsqu'il serait midi à New York. En Californie, le décalage horaire est de trois heures et il serait alors 9 h du matin.

Comme on pouvait s'y attendre, les abeilles déplacées, leur horloge de rythme circadien étant encore à l'heure de New York, quittèrent leur ruche à 9 h du matin, heure officielle de la zone horaire du Pacifique, s'orientèrent sur le soleil et se dirigèrent vers ce qu'elles pensaient être le Sud. Mais c'était plutôt vers le Sud-Est et il fallut aux abeilles une semaine environ pour s'adapter au nouveau rythme.

On peut également observer les rythmes circadiens chez les êtres humains. Cela ne devrait pas surprendre, car nous sommes liés aussi étroitement au cycle diurne de 24 h que tout autre animal ou plante.

On constate dans le corps humain une croissance et décroissance régulières de la teneur en sucre dans le sang, de la tempé-

rature, de l'activité de la glande endocrine, de la sécrétion d'urine et d'autres éléments physiologiques variables.

Le point maximal se produit généralement dans la journée.

Un des sujets les plus importants de désaccord entre les savants qui étudient les horloges biologiques, c'est de savoir si les rythmes circadiens sont « exogènes » (causés par des fluctuations physiques extérieures à l'organisme) ou « endogènes » (phénomènes prenant naissance dans l'organisme même).

Beaucoup de savants penchent pour le caractère endogène. Une raison de cette tendance, c'est le fait que les plantes et les animaux conservent leur rythme circadien même quand ils sont isolés de leur milieu naturel. Une autre raison en est que les horloges biologiques ne sont pas apparemment sensibles aux variations extérieures de température. Dans une expérience réalisée près du pôle Nord, plusieurs hommes furent enfermés dans une cabane. Pour mettre leur sens du temps en défaut, leurs montres furent réglées de manière à avancer ou à retarder. Ils ont travaillé, mangé et dormi suivant un rythme très irrégulier, avec des journées ayant quelquefois 22 heures, d'autres fois 28 heures. Malgré cette vie irrégulière, on ne constata aucun changement dans leur rythme circadien.

En 1961, le docteur Hamner donna une nouvelle preuve du caractère endogène par des expériences conduites au Pôle Sud. Avec la collaboration d'une équipe de botanistes de l'U.C.L.A., il a essayé de découvrir si les horloges biologiques sont affectées d'une manière quelconque par les changements physiques, la pression d'air, la température, la pesanteur, les rayons cosmiques ou l'air ionisé dû à la rotation de la Terre.

Le Pôle Sud a été choisi parce que c'est le seul endroit de la Terre où ces facteurs ne sont pas variables. De plus, si un objet était placé sur un plateau qui tourne en sens contraire de la rotation de la Terre à raison d'un tour toutes les 24 heures, il serait en quelque sorte stationnaire, ne tournant plus avec la Terre dans l'espace.

C'est exactement ce que fit le docteur Hamner pour étudier des phénomènes tels que les mouvements des feuilles de soja, l'envol de la mouche de fruit, les bandes de croissance sur les fongus et le cycle d'activité des cochons d'Inde. Les plantes et les animaux furent placés sur des plateaux dont certains tournaient en sens contraire de la Terre toutes les 24 heures, d'autres tournaient dans le même sens et d'autres restaient stationnaires. Tous les sujets de l'expérience étaient maintenus dans l'obscurité pendant toute la durée des expériences.

« Au bout de deux mois d'expériences, dit le docteur Hamner, on découvrit que les rythmes circadiens n'étaient pas affectés par les rotations. Les horloges biologiques ont eu un battement normal dans tous les cas. »

En dépit de toutes ces observations, la théorie exogène ne peut être complètement écartée à l'état actuel des recherches sur les horloges biologiques et il est clair qu'il reste encore des questions importantes, fondamentales même, qui n'ont pas encore été élucidées.

Par exemple : où se trouve le mécanisme de l'horloge et comment fonctionne-t-elle ? Les horloges sont-elles basées sur des phénomènes physiques ou chimiques ? Sont-elles réparties dans toutes les cellules de l'organisme ou seulement dans des cellules spéciales distribuées dans les différentes parties du corps ?

Le docteur Janet Harker, de l'Université de Cambridge, a découvert une horloge biologique constituée par 4 cellules spécialisées dans un grand ganglion nerveux placé juste sous l'œsophage de la blatte américaine. A l'intérieur de ce ganglion, une hormone spéciale est sécrétée, qui permet à la blatte de suivre un programme de 12 heures d'activité nocturne suivies de 12 heures de repos diurne.

Des connaissances plus approfondies sur les horloges biologiques et leur fonctionnement permettront sans doute d'avoir une meilleure compréhension des processus de base de la vie. Quatre secteurs ont été délimités.

1. Les horticulteurs professionnels utilisent déjà les connaissances acquises sur les photopériodes pour augmenter leur production à certaines périodes spéciales de l'année. Des connaissances plus approfondies pourraient profiter à toute l'agriculture.

2. Des observations récentes ont indiqué que le vieillissement a un certain rapport avec les horloges biologiques qui font vieillir certaines personnes sensiblement plus vite que d'autres.

3. On pourrait mieux comprendre certaines maladies comme le cancer. Dans une expérience, deux groupes de blattes ont été élevés « en déphasage » l'un par rapport à l'autre. L'un des groupes était actif de jour, l'autre de nuit. Les cellules spécialisées furent ensuite transplantées, de sorte qu'un groupe reçut l'hormone spéciale pendant 24 heures par jour. Le surmenage amena le cancer et d'autres mauvais effets.

4. Les connaissances sur les horloges biologiques peuvent être d'une grande importance dans les vols cosmiques. Certains spécialistes du cerveau s'inquiètent des effets possibles de l'état prolongé de a-pesanteur qui peut déranger le rythme circadien et causer des désordres graves dans le cerveau et le système nerveux. Les techniciens devront peut-être aménager une succession artificielle de « jour » et de « nuit » pour maintenir en bon état l'horloge biologique des astronautes.

Les horloges biologiques — complexes, déconcertantes, pleines d'impasses — constituent aujourd'hui l'un des domaines les plus fascinants de la biologie. Mais les savants qui se sont lancés dans ce domaine ont la certitude qu'un jour ou l'autre ces mystères seront éclaircis.