

Une image de neurones

Une nouvelle méthode permet de suivre l'activité des cellules nerveuses, une par une.

Les neurones ont des formes variées en raison de la diversité des arborisations qui les terminent. Leur fonction dépend-elle de leur forme ?

Pour le savoir, on doit pouvoir les étudier un par un : Paul Gogan et Suzanne Tyc-Dumont, de l'Unité de Neurocybernétique cellulaire du CNRS de Marseille, ont mis au point une méthode de visualisation de neurones en culture qui, pour la première fois, autorise l'observation de tous les événements qui surviennent simultanément dans un neurone excité.

L'intérieur d'un neurone au repos est électriquement négatif par rapport à l'extérieur ; en phase d'excitation, la différence de potentiel entre les deux faces de la membrane s'annule, voire s'inverse. L'afflux d'ions sodium change les propriétés électriques de la membrane, et cette modification locale se transmet de proche en proche : le potentiel d'action ou «influx nerveux» se transmet

dans tout le prolongement neuronal. On disposait de deux méthodes pour étudier ce phénomène, mais elles ne donnent que des informations partielles.

Avec les microélectrodes intracellulaires, directement implantées dans le corps cellulaire du neurone, on mesure le potentiel d'action, résultante de tous les événements électriques qui se produisent dans la membrane du neurone pendant la durée de l'excitation. Avec la méthode du patch-clamp, plus précise, une microélectrode sélectionne une infime partie de la membrane du neurone et mesure la quantité des ions qui la traversent.

Cette information locale ne renseigne pas sur la participation éventuelle des canaux ioniques situés ailleurs sur la membrane du corps cellulaire ou de l'extrémité (l'arborisation dendritique). Pour cela, on doit visualiser le neurone tout entier : avec la nouvelle méthode, le neu-

rone apparaît en détail et les images obtenues permettent de localiser tous les sites membranaires excités.

Pour observer les variations du potentiel électrique, l'équipe de Marseille utilise un colorant fluorescent qui se fixe dans la membrane du neurone et dont la fluorescence change légèrement chaque fois que le neurone est excité. Afin de détecter ces infimes variations de luminosité, S. Tyc-Dumont et ses collègues ont adapté les caméras utilisées par les astronomes pour photographier les étoiles lointaines, mortes depuis des millions d'années et dont la Terre ne reçoit qu'une faible intensité lumineuse. Une caméra de ce type, couplée à un microscope, permet de visualiser la totalité de la membrane d'un neurone.

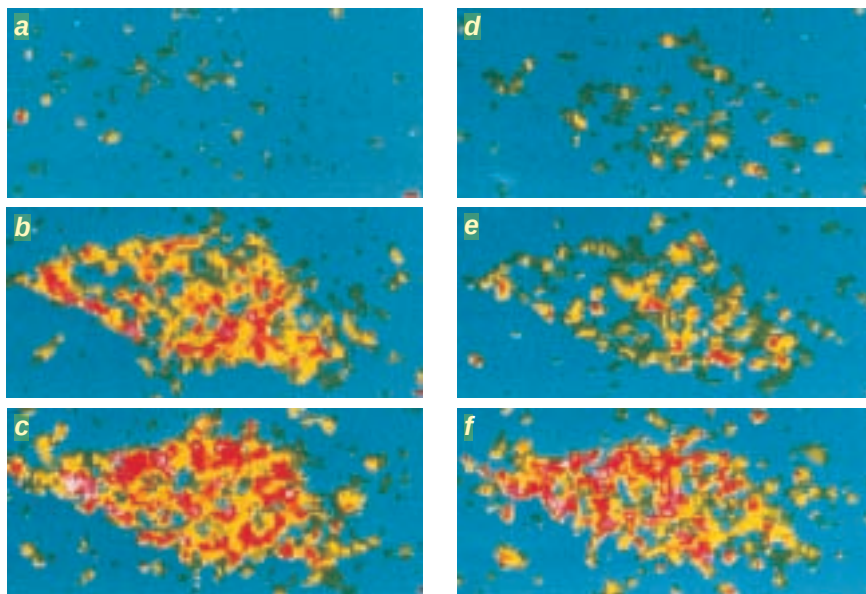
EXCITATION ALÉATOIRE

De cette façon, on observe l'activité de tous les canaux, lors d'une excitation neuronale. On a ainsi découvert que la membrane d'un neurone excité n'est pas homogène : elle apparaît comme une mosaïque multicolore. La diversité des couleurs indique que les canaux ioniques y sont répartis de façon hétérogène, et qu'ils ont des activités électriques – repérées par les nuances de couleurs – très différentes. Une image presque uniformément bleue correspond au potentiel de repos de la cellule. Après une excitation, les sites bleus indiquent les canaux fermés, inactifs, et les sites rouges les canaux ouverts, actifs. L'ouverture et la fermeture des différents canaux est totalement aléatoire d'une excitation à l'autre.

Cette nouvelle méthode devrait aider les neurobiologistes à savoir si les canaux voisins interagissent, en potentialisant ou en inhibant leur action ; si chaque canal a un comportement individualisé ou si plusieurs canaux réagissent simultanément ; on étudiera comment communiquent les neurones et comment l'excitation d'une cellule nerveuse modifie l'activité électrique des cellules voisines. En suivant l'activité électrique d'un neurone, on pourra également préciser les récepteurs membranaires où se fixent les médicaments et étudier comment ces derniers modifient l'activité électrique du neurone.

La microstructure de la membrane neuronale correspond à la répartition des canaux ioniques dans cette membrane : cette microstructure est aléatoire. Au contraire, la géométrie de l'ensemble, *in vivo*, ne l'est certainement pas, et l'organisation des terminaisons dendritiques optimise, sans doute, la fonction cérébrale.

Marie-Thérèse LANDOUSY



Les canaux ioniques localisés dans la membrane du corps cellulaire d'un neurone en culture ont été visualisés grâce à un colorant sensible aux différences de potentiel. Lorsque le neurone est au repos (a), les canaux sodium sont fermés, et apparaissent en bleu. Lorsque le neurone est excité, certains canaux s'ouvrent et deviennent rouges. La mosaïque des couleurs montre que tous les canaux ne sont pas ouverts ou fermés simultanément, et que certains, en vert ou en jaune, sont dans un état intermédiaire (b et c). Quand on bloque sélectivement les canaux sodium, ils sont tous inactivés (d), et leur activité réapparaît progressivement à mesure que l'inhibiteur cesse d'agir (e et f). Chaque neurone mesure environ 100 micromètres dans sa plus grande dimension.

Faune du Sahara

Le dernier refuge des grands mammifères est au Tchad.

Les grands mammifères du Sahara supportent mieux l'aridité que la pression humaine. Après avoir disparu d'Algérie, de Libye et d'Égypte, au Nord, puis de Mauritanie et du Mali, au Sud-Ouest, ils ne subsistent plus aujourd'hui qu'au Niger et, surtout, au Tchad. Pour combien de temps encore ? Selon une récente mission de dénombrement, certaines espèces risquent de disparaître bientôt complètement pour un motif pourtant contrôlable : la chasse, pratiquée



Cette gazelle dorcas mâle, déshydratée après une poursuite en voiture, par plus de 40°C, est incapable d'échapper à un homme à pieds. Elle sera bientôt égorgée.

surtout par les militaires, nombreux et bien armés.

Les dernières populations viables d'ongulés (animaux à sabots) sahariens vivent dans le Nord du Tchad, notamment dans la sous-préfecture de l'Ennedi. La guerre a sévi longtemps dans cette région montagneuse, isolée aux frontières du Soudan et de la Libye. Aucune étude écologique précise n'y a été menée depuis les années 1960.

Le seigneur des milieux rocheux est le mouflon à manchettes, caractérisé par ses imposantes cornes courbes et des poils formant un « tablier » sur son poitrail et des « manchettes » sur ses pattes antérieures. Il ne quitte qu'exceptionnellement les reliefs peu accessibles, où il est difficile à repérer : la couleur de son pelage est quasi identique à celle des grès de l'Ennedi. On ne le rencontre,

sur les pâturages et les points d'eau, qu'à l'aube et au crépuscule : il passe les heures chaudes à l'ombre d'abris rocheux. L'espèce est encore présente dans les principaux massifs montagneux du Sahara, et la population totale serait de 15 000 à 25 000 individus. L'Ennedi reste l'un de ses refuges, en particulier la bordure méridionale du massif, où sa répartition se serait peu modifiée depuis les années 1960. Sur 200 000 hectares classés en réserve de faune en 1967, mais qui ne sont aujourd'hui protégés qu'en théorie, le mouflon n'a disparu que de zones fréquentées par les nomades.

Les espèces qui, telle la gazelle dorcas, vivent en plaine sont chassées de façon intensive. Leur habitat n'offre aucune protection. Les animaux sont aisément poursuivis en véhicule tout terrain et abattus au fusil-mitrailleur. On peut même se passer de cette arme : une poursuite de moins d'une demi-heure épuise l'animal, qui ne peut habituellement se passer de boire qu'au prix d'une absence d'effort physique. Un homme à pieds peut alors l'égorgé. Ceux qui pratiquent ce type de chasse ne choisissent que les mâles, qui se déshydratent plus vite que les femelles. Les petits sont souvent capturés vivants pour alimenter un commerce illégal.

Selon nos observations, la gazelle dorcas résiste bien à cette chasse, tandis que les populations de gazelle dama sont beaucoup plus touchées et que les deux antilopes sahariennes, l'addax, aux cornes torsadées, et l'oryx algazelle, aux cornes courbes, semblent presque décimées. Les recherches ont été infructueuses, aussi bien au sol que par avion, sur les 80 000 kilomètres carrés de la réserve d'ouadi Rimé-ouadi Achim, créée en 1969 pour ces deux espèces. Des témoignages font cependant état de la présence sporadique de petits groupes d'addax (entre un et cinq individus) dans des zones frontalières, à l'Est vers le Soudan et à l'Ouest vers le Niger. Il convient d'être plus pessimiste à propos de l'oryx, qui recherche des milieux moins arides que l'addax. Il est pris entre la sécheresse qui le pousse vers le Sud et les éleveurs qui progressent vers le Nord à la faveur des récentes années pluvieuses et des programmes de creusement de puits.

Jérôme TUBIANA