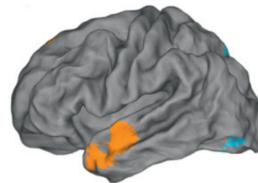


# Comment les neurosciences recherchent la clé des songes

Jean-Pierre Henry

► Le sommeil est une succession de deux phases : le sommeil profond d'une part et le sommeil paradoxal d'autre part, qui possède des caractères propres à la veille et au sommeil, ce qui a conduit à proposer que cette phase hébergerait les rêves. Cette hypothèse est maintenant considérée comme simplificatrice, le sommeil profond abritant aussi des rêves aux caractéristiques différentes. Dans ces conditions, déterminer les structures cérébrales associées au rêve est difficile. Le rêve et la veille impliquent les mêmes mécanismes. L'origine des stimulations du cortex, en l'absence de stimulation externe, reste débattue et la fonction du rêve incomprise. Pour certains, le rêve pourrait être un épiphénomène provoqué par le bruit de fond de la transmission synaptique. ◀



Directeur de recherche émérite CNRS, Université Paris Diderot, Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, CNRS UMR7057, bâtiment Condorcet, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris, France.  
[jpierre.henry@orange.fr](mailto:jpierre.henry@orange.fr)

Quelle conscience a le rêveur ? Qu'est-ce qui déclenche le rêve ? La veille précédant le sommeil et l'environnement du dormeur affectent-ils le contenu des rêves ? Et surtout, à quoi sert le rêve ?

« Nous connaissons beaucoup de comment sans que cela nous autorise à connaître le pourquoi » disait le médecin neurophysiologiste Michel Jouvet, spécialiste français du sommeil paradoxal [1]. Examinons ces « comment », résultats des recherches des 60 dernières années.

## Les phases du sommeil

Le sommeil, qui abrite le rêve, est, en lui-même, un phénomène complexe encore mal compris. Le sommeil ne serait pas l'apanage des mammifères, et il existerait chez tous les animaux, invertébrés compris [2]. L'état de sommeil, pendant lequel les animaux ne mangent pas, ne se reproduisent pas, et sont vulnérables aux prédateurs, semble une caractéristique peu propice à la sélection. Cet état doit donc répondre à d'autres nécessités, vraisemblablement en lien avec les rythmes circadiens, qui affectent l'ensemble de notre physiologie.

Chez les animaux possédant un cerveau, le sommeil modifie le fonctionnement de cet organe. Deux états différents de l'état de veille se succèdent : le sommeil profond et le sommeil paradoxal (Figure 1) [3, 16] (→).

Après l'endormissement, nous rejoignons progressivement le sommeil profond. L'enregistrement de l'activité électrique, détectée à la surface du crâne par électroencéphalographie, montre alors l'apparition d'ondes ayant une fréquence lente, inférieure à une par seconde, plus marquées que pendant la veille (on parle aussi de sommeil lent) [4]. Après environ 90 minutes, l'électroencéphalogramme révèle une activité électrique très différente, voisine de l'activité de veille. Ce changement est accompagné de signes physiologiques originaux [5] : des mouvements oculaires

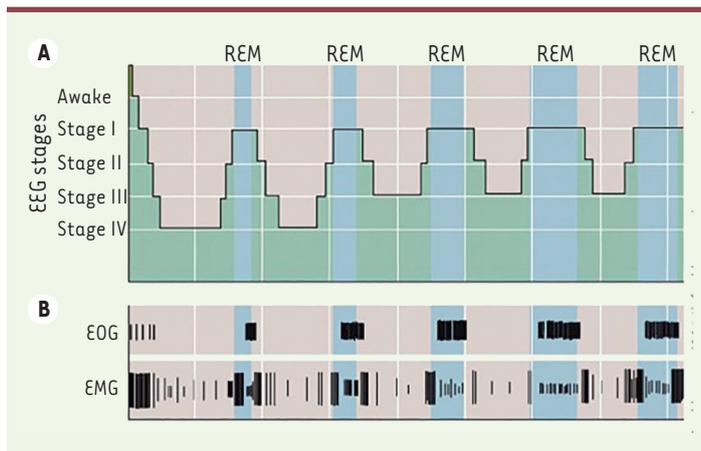
(→) Voir la Synthèse de C. Gottesmann, *m/s* n° 2, février 2006, p. 201

Quelle activité extraordinaire que le rêve ! En rupture avec nos activités de veille, nous sommes transportés dans un monde que ne régissent plus les règles ordinaires. Nous vivons consciemment<sup>1</sup> des aventures, que, malheureusement, nous oublions le plus souvent dès notre réveil. Cet aspect mystérieux a donné lieu à des interprétations différentes au cours des âges et selon les civilisations. Dans l'Antiquité, les rêves que déchiffraient les prêtres, annonçaient le futur, alors qu'au XX<sup>e</sup> siècle, selon la théorie freudienne, c'est le passé qui les code. Les artistes, peintres, romanciers, poètes et musiciens, ont trouvé dans les songes une source d'inspiration souvent plus esthétique que signifiante. Le temps passé à rêver est important. Nous consacrons en effet au sommeil environ un tiers de notre vie et, chaque nuit, une partie de ce temps est occupée par une activité onirique. Mais les neurosciences savent-elles répondre aux questions que pose le rêve ? Les mécanismes cérébraux mis en jeu lors de cette activité onirique sont-ils les mêmes que pendant la veille ?

Vignette (Photo © Inerm – Fanny Dégeilh).

<sup>1</sup> Réveillé pendant un rêve, il est possible de le raconter.





**Figure 1. Les différentes phases du sommeil.** L'électroencéphalogramme permet de distinguer différentes phases (I à IV) du sommeil à ondes lentes et le sommeil paradoxal, à activité rapide. En moyenne, une nuit comporte 4 phases de sommeil paradoxal. Le sommeil paradoxal est aussi caractérisé par des mouvements rapides des yeux, repérés sur l'électro-oculogramme (EOG) et une baisse du tonus musculaire (EMG, électromyogramme) (d'après [17]).

rapides, perçus à travers le mouvement des paupières, une perte du tonus musculaire équivalent à une paralysie, une diminution de la thermorégulation et, chez l'homme, une érection plus ou moins complète. Ces phénomènes caractérisent le sommeil paradoxal. Connu depuis les années 1950 et ainsi nommé par Michel Jouvet, car il associe des caractéristiques de la veille et du sommeil, le sommeil paradoxal se répète environ quatre à cinq fois par nuit, avec des épisodes d'une vingtaine de minutes.

### Le sommeil paradoxal et le rêve

L'association de la veille et du sommeil pendant le sommeil paradoxal a suggéré que c'était dans cet état que le rêve trouvait son épanouissement. Selon cette hypothèse, l'activité cérébrale révélée par les ondes rapides soutient la conscience, les mouvements oculaires traduisent le contenu visuel des rêves, et la perte du tonus empêche l'expression motrice qui pourrait résulter du contenu de ces rêves. Plus de 80 % des sujets qui sont réveillés lors du sommeil paradoxal sont capables de raconter leur rêve.

Nous ne savons pas si le rêve est propre à l'espèce humaine, mais les chats et les rongeurs possèdent un sommeil paradoxal, ce qui a permis le développement d'approches expérimentales. Ainsi, Michel Jouvet a étudié le circuit neuronal responsable de l'inhibition du mouvement pendant le sommeil paradoxal chez le chat [1]. Après une destruction chirurgicale de ce circuit, il a observé le « comportement onirique » de ces animaux. Le chat ouvre les yeux mais ne voit rien. Il se lève, se met à marcher et peut avoir des comportements de peur, de rage ou d'attaque. Chez l'homme, de nombreux arguments pointent vers une activité onirique associée au sommeil paradoxal. L'hypothèse selon laquelle les mouvements oculaires traduiraient le contenu visuel du

rêve a récemment trouvé un soutien expérimental [6] : les activités électriques des aires responsables du traitement de l'information visuelle ont été comparées, pendant la veille et le sommeil paradoxal, chez des patients chez lesquels de nombreuses électrodes avaient été implantées dans le cerveau à des fins thérapeutiques. Clairement, les activités électriques sont semblables, établissant que les aires de la perception visuelle se comportent de façon identique pendant la veille et pendant les rêves.

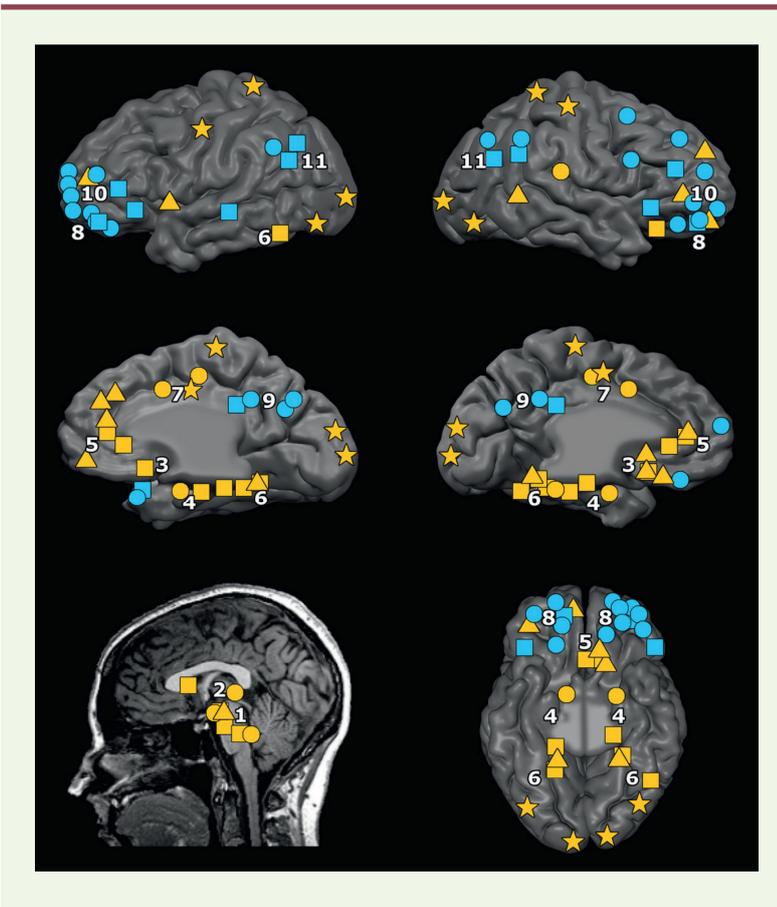
Les rêves lucides que certains font pendant leur sommeil paradoxal ont fourni un autre argument. Chez ces sujets, peu nombreux, le rêve s'accompagne d'une conscience réflexive<sup>2</sup> qui leur permet de savoir qu'ils rêvent et de diriger leurs rêves. Des études ont été réalisées chez ces personnes [7]. L'expérimentateur a demandé au sujet, au début du rêve, d'orienter ses yeux complètement vers la gauche, puis vers la droite, puis vers la gauche et à nouveau à droite, ce qui fournit un signal précis de début du rêve. Préalablement à l'endormissement, le sujet a reçu l'instruction de diriger son rêve, en incluant un serrement de main. Pendant le rêve, l'activité de l'aire motrice du cortex cérébral, visualisée par imagerie de résonance magnétique (IRM), a détecté ce serrement de main. L'établissement du lien entre le rêve et l'activité du cerveau pendant le sommeil paradoxal a ouvert une voie aux neurosciences, et des travaux d'imagerie par tomographie par émission de positons (en anglais, PET) ont permis de révéler des aires activées, et d'autres inactivées, durant le sommeil paradoxal (Figure 2) [4].

### Le rêve est-il le propre du sommeil paradoxal ?

Les choses sont-elles aussi simples ? Quelle définition faut-il donner au rêve ? Lorsqu'un sujet est réveillé alors qu'il se trouve en sommeil paradoxal, à la question « Étiez-vous en train de rêver », il répond positivement dans 88 % des cas. En revanche, si elles sont réveillées au cours d'un sommeil profond, seules 14 % des personnes donnent une réponse positive. Cependant, lorsque la question posée est « Pensiez-vous à quelque chose avant votre réveil ? », les réponses positives s'étalent entre 23 et 74 pour cent.

Une définition du rêve, donnée par Le Larousse, est « productions psychiques survenant pendant le sommeil et pouvant être partiellement mémorisées ». Le sommeil paradoxal n'aurait donc pas l'apanage du rêve ! Cette constatation implique de redéfinir les structures cérébrales où s'élabore l'activité onirique,

<sup>2</sup> Être conscient que l'on est conscient.

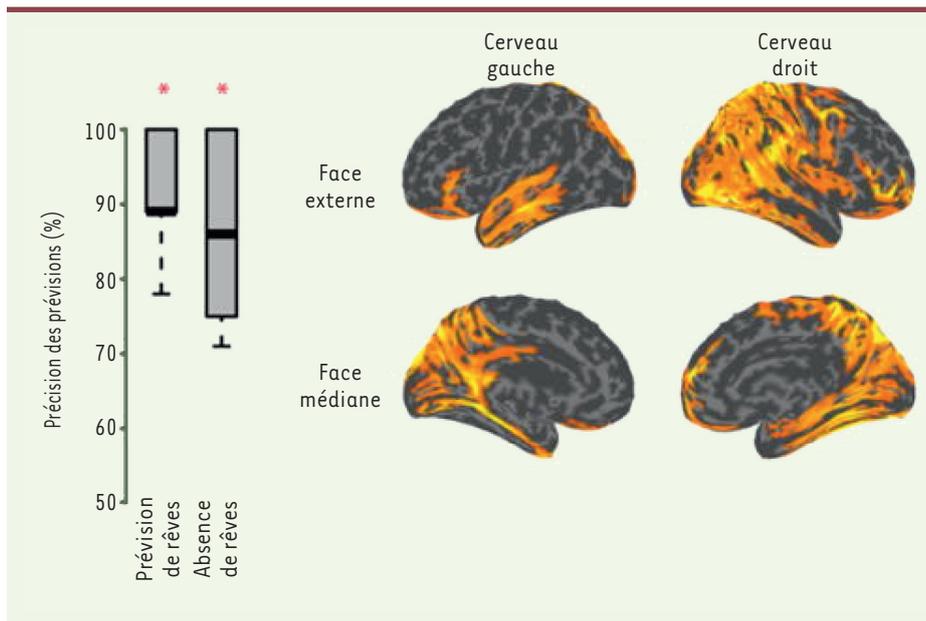


**Figure 2.** Synthèse des résultats obtenus par tomographie par émission de positons (TEP) sur le sommeil paradoxal. Les aires activées pendant le sommeil paradoxal sont en jaune, celles désactivées en bleu (d'après la figure 1 de [4]).

Cette affirmation remet en cause la compréhension des rêves. La principale différence entre l'activité de veille et le rêve est l'absence d'informations reçues de l'extérieur : en effet, que ce soit pendant le sommeil profond ou le sommeil paradoxal, le cerveau ne reçoit pas cette avalanche d'informations provenant des organes sensoriels qui caractérise la veille. Il est coupé de l'environnement. Les Anglo-Saxons disent qu'il est « Off line ». Durant la veille, ce sont ces informations que traite le cerveau dans des processus de perception et de conscience. Mais pendant l'activité onirique, les mêmes aires sont-elles alimentées ? Pour certains chercheurs, des signaux d'origine interne, transmis à partir du bulbe rachidien (le cerveau reptilien), alimentent le cortex qui s'efforce de leur donner un sens [1]. Pour d'autres, c'est le cortex lui-même qui « imagine » ces images, ces idées. Ces chercheurs s'appuient

indépendamment des phases du sommeil. L'équipe de Julio Tononi (Université du Wisconsin, Madison, États-Unis) a récemment publié une approche de ce problème dans laquelle l'activité électrique des sujets est enregistrée de manière continue à l'aide d'un casque d'électroencéphalographie à haute résolution [8]. Les sujets sont réveillés de manière aléatoire, toutes les 15 à 30 minutes, et ils indiquent s'ils viennent de traverser une expérience onirique, en la décrivant s'ils en gardent la mémoire. Clairement, le rêve est associé à une diminution des ondes lentes dans une région pariéto-occipitale du cortex des deux hémisphères pendant le sommeil profond, une variation qui est aussi détectable pendant le sommeil paradoxal (Figure 3). Dans la même région, on observe une augmentation des ondes rapides ayant une fréquence comprise entre 25 et 50 Hertz. Tenant compte de ces deux observations, il est possible de détecter une activité onirique chez un dormeur, indépendamment de son stade de sommeil, avec une probabilité de 86 %. L'analyse du contenu des rêves révèle une augmentation de l'importance des ondes rapides dans les aires qui, pendant la veille, traitent les données de perceptions/actions similaires. Ainsi, quand le rêve comporte plus de pensées que de perceptions, les aires frontales, impliquées dans les fonctions supérieures, sont plus activées. La perception au cours du rêve de visages, de mouvements, d'espaces ou de paroles, révèle, quant à elle, les aires correspondantes activées pendant la veille. L'activité onirique n'est donc pas différente de l'activité de veille !

sur la découverte du « réseau du mode par défaut » [9], mis en évidence chez des sujets en état de veille suivis par IRM et auxquels aucune tâche n'est proposée. Étonnamment, pendant ce que les expérimentateurs considéraient comme une période de repos, des aires sont activées et se désactivent dès qu'une activité dirigée est demandée au sujet. L'ensemble de ces aires forme le « réseau du mode par défaut ». Sa signification n'est toujours pas bien comprise. Associé au « vagabondage de l'esprit », ce mode active des aires qui, individuellement, sont activées lors de l'évocation de souvenirs personnels, ou, au contraire, des essais de compréhension d'autrui et de ses dires. Quoi qu'il en soit, ces manifestations indiquent que le cerveau fonctionne « même quand on ne lui demande pas »... Et il consomme beaucoup d'énergie ! D'après certaines études, le cerveau est responsable de 20 % de nos dépenses énergétiques, et l'augmentation de ces dépenses afin d'accomplir une tâche serait inférieure à 5 %. Au cours du sommeil lent, la dépense énergétique du cerveau diminue considérablement, mais au cours du sommeil paradoxal, elle augmente au-delà de celle qui est observée pendant la veille.



**Figure 3. Prédiction des rêves en temps réel.** (À gauche) le diagramme indique la précision des prévisions faites d'après le rapport des intensités des ondes lentes et rapides mesurées par l'électroencéphalogramme. (À droite) les aires colorées correspondent aux sources des phénomènes électriques ayant permis de faire les prédictions de rêve (adapté de la figure 5 de [8])

### Le fonctionnement du cerveau pendant le sommeil

Si le rêve n'est pas propre au sommeil paradoxal, sa qualité varie beaucoup selon les périodes. L'endormissement, entre veille et sommeil, est propice à des rêves qui empruntent beaucoup aux événements récents qui ont été vécus par le sujet. L'équipe de Kamitani, au Japon [10], a enregistré par IRM les rêves produits durant cette période. Ils ont comparé l'activité cérébrale et le récit du dormeur et ont élaboré une méthode permettant de prédire le contenu du rêve d'après l'imagerie cérébrale obtenue. Des vidéos montrent ce que serait l'activité onirique du dormeur<sup>3</sup>.

Dans le sommeil lent, qui suit l'endormissement, les rêves ne laissent que peu de souvenirs. Avec le sommeil paradoxal, apparaissent des rêves plus riches en contenu émotionnel, avec des images ou des paroles.

Une nuit ordinaire comporte en moyenne quatre phases de sommeil paradoxal (soit 20 à 25 % du temps de sommeil), dont la longueur augmente dans la deuxième moitié de la nuit. Le sommeil lent devient alors moins profond, et son contenu onirique augmente. Selon les spécialistes, c'est la diminution de la pression de sommeil<sup>4</sup> au cours de la nuit, qui permettrait l'expression de rêves plus nombreux.

Pour Sigmund Freud, « le rêve est le gardien du sommeil », mais beaucoup de chercheurs pensent que c'est le sommeil qui est le gardien du rêve. L'activité du cerveau varie selon les phases du sommeil (Figure 4) et ces variations modulent l'activité onirique.

Les ondes lentes, observées sur les électro-encéphalogrammes durant le sommeil profond, correspondent à la succession de deux états physiques des neurones corticaux [11]. Dans le premier, les neurones sont actifs et capables de transmettre des signaux électriques rapides.

Dans le second, ils deviennent silencieux. Le sommeil profond est ainsi caractérisé par l'existence de cette alternance de phases d'activité et de repos, avec une fréquence inférieure à 1 Hertz, qui explique la forte diminution de la consommation énergétique du cerveau. Toutes les aires du cortex ne sont pas à l'unisson. Localement, on observe en effet des vagues lentes se déplaçant sur le cortex, avec un caractère plus marqué dans la seconde partie du sommeil. Cette respiration de l'activité du cerveau est très vraisemblablement liée à une récupération, encore mal comprise, mais elle a évidemment une influence sur son fonctionnement. Une comparaison entre l'état de veille et le sommeil lent a montré un changement dans l'architecture fonctionnelle du cerveau, avec une moindre intégration de l'information circulante pendant le sommeil, changement à relier à la baisse de conscience des dormeurs [12, 13]. Les expériences d'IRM ont révélé que le sommeil paradoxal était associé à un fonctionnement intégré du cerveau, avec, en particulier, l'implication du réseau du mode par défaut, bien fonctionnel [14].

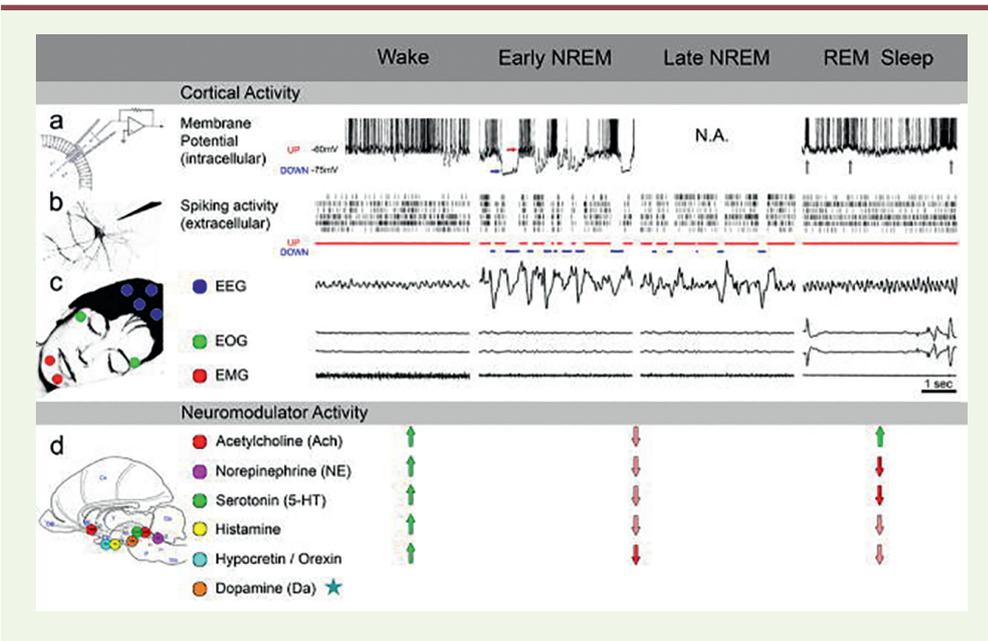
### Origine et signification des rêves

Les données récentes compliquent l'avancée des neurosciences. Le consensus actuel retire au sommeil paradoxal son privilège d'abriter, seul, les activités oniriques. Il lui consent seulement la capacité de production de rêves plus riches et plus chargés de contenu émotionnel. Trouver les structures cérébrales impliquées devient très difficile. L'utilisation de l'IRM réalisée chez des patients capables de rêves lucides est une possibilité, mais très délicate.

Les connaissances actuelles sur le cerveau permettent de spéculer sur le phénomène onirique. Avec ses 100 milliards de neurones qui forment chacun des

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=1ZHGya5EU08>

<sup>4</sup> Le manque de sommeil augmente la pression de sommeil. Elle est inversement proportionnelle au temps nécessaire à l'endormissement.



**Figure 4. Activité électrique des neurones corticaux pendant les différentes phases du sommeil.** La figure présente, pendant la veille, l'endormissement, le sommeil lent tardif et le sommeil paradoxal, différentes activités des neurones corticaux : a) potentiels d'action intracellulaires, correspondant à l'activité des neurones. Pendant le sommeil profond (NREM), on remarque l'alternance de périodes d'activité et de repos ; b) mesure extracellulaire révélant la même alternance au niveau de groupes de neurones ;

c) enregistrements de l'électro-encéphalogramme, de l'électro-oculogramme (mouvements des yeux) et de l'électromyogramme (tonus musculaire) ; d) changements dans l'activité de neurones modulateurs contrôlant l'activité des neurones corticaux (d'après la figure 2 de [4]).

milliers de synapses, le cerveau ne saurait stopper d'être parcouru par des avalanches de signaux électriques. Durant la veille, il travaille de manière continue, produisant, à partir des données sensorielles, des modélisations qui permettent l'adaptation de l'individu à son environnement. Dans ce bouillonnement électrique qui traite les différentes informations reçues, le cerveau doit effectuer des tris, des recouvrements avec des souvenirs. Cela s'effectue dans ce que Stanislas Dehaene a appelé « l'espace de travail neuronal global », dans lequel va naître la conscience [15]. La conscience diffuse alors à tout le cerveau le résultat de ce traitement sous forme d'idées ou de décisions. Pendant le sommeil, qu'il soit profond ou paradoxal, l'alimentation de cette machine par les organes sensoriels s'arrête, mais la machine continue de fonctionner, sur des modes différents pendant les deux phases du sommeil. Comment cette machine est-elle nourrie ? Pour le philosophe Henri Bergson, la machine n'est pas véritablement *offline* et, dans notre sommeil, nous avons une perception à bas bruit de l'environnement, visuelle (phosphènes), auditive (bourdonnements, tintements, sifflements), tactile (contacts, pressions), à laquelle nos souvenirs donnent une forme et qui « fournit sans doute l'étoffe où nous taillons beaucoup de nos rêves ». Pour Michel Jouvét et Allan Hobson (Université d'Harvard), ce sont des signaux d'origine interne, transmis par des structures du bulbe rachidien, qui sont à l'origine des événements oniriques survenant pendant le sommeil paradoxal. Mais faut-il rechercher une excitation du cortex ? Les neurones du cortex cérébral produisent des décharges spontanées, des potentiels d'action, formant un bruit de fond considérable qui, dans la complexité des réseaux, permet à certains de ceux-ci d'aboutir à des signaux intelligibles. Cette activité neuronale intrinsèque est loin d'être néglig-

geable. Comme l'écrit Stanislas Dehaene à propos de l'état de veille « l'activité spontanée opère en 'générateur de diversité' dont les configurations sont perpétuellement sculptées par les systèmes cérébraux de l'anticipation et de la récompense ». Cette observation est aussi valable pour le sommeil, avec des contraintes différentes selon les états profond ou paradoxal.

Dans cette vision, le rêve est un produit du hasard auquel nous nous efforçons de donner un sens pour qu'il atteigne notre conscience. Mais alors, quelle est la signification du rêve ? Doit-on croire les poètes : « le rêve est la littérature du sommeil » (Jean Cocteau) ou les humoristes : « le rêve a été créé pour qu'on ne s'ennuie pas pendant le sommeil » (Francis Blanche) ? Les scientifiques n'ont sur ce sujet que des hypothèses peu étayées. Remarquons que la privation de sommeil produit des effets graves, pouvant aller jusqu'à la mort, tandis que la privation de sommeil paradoxal provoque un rebond, une augmentation de cet état dans les nuits suivantes, mais pas de changements de comportement notables.

Michel Jouvét a supposé que, pendant le sommeil paradoxal, certains programmes génétiques pouvaient être renforcés pour maintenir fonctionnels des circuits synaptiques responsables de ce qu'il appelle l'hérédité psychologique, cette hérédité qui, selon lui, rapproche les comportements de jumeaux monozygotes et qui ne saurait être entièrement génétique. Pour Allan Hobson,

