

HET SLAPENDE BREIN

SLAAP, EEN VOORWAARDE VOOR WELZIJN EN PRESTEREN



PROF. DR. ANTON M.L. COENEN

AANBEVELINGEN

Het slapende brein is een pakkend, rijk geïllustreerd boek waarin Ton Coenen in heldere taal een overzicht geeft van de ontwikkelingen en huidige inzichten op het gebied van de nog jonge slaapwetenschap. Een boek vol anekdotes en wetenswaardigheden voor iedereen die wil weten wat er 's nachts in zijn hoofd omgaat.

Prof. dr. Gerard Kerkhof, Professor in Psychophysiology, Universiteit van Amsterdam en Sleep Disorders Center, Medical Center Haaglanden, Den Haag

Wat een schitterende prestatie van de auteur die daarmee opnieuw bewijst hoe hij zijn kennis over geschiedenis, hedendaagse ontwikkelingen en praktische adviezen over slaap en slaapstoornissen kan samenbrengen in één zeer leesbaar volume! Een absolute aanrader voor zowel de geïnteresseerde leek, de nieuwsgierige student als de geëngageerde professional.

Prof. Raymond Cluijds, Clinical Research on Sleep, Safety and Shift Work, Vrije Universiteit, Brussel

In dit fascinerende en fraai geïllustreerde boek over het intrigerende verschijnsel slaap behandelt Ton Coenen alle vragen die daarover te stellen zijn, zoals: Waarvoor dient slaap? Waarom dromen we tijdens onze slaap? Hoe slapen andere diersoorten? Wat kun je doen aan slaapstoornissen? Wat gebeurt er in ons brein wanneer we slapen? En hoe kunnen we de kans op een goede nachtrust optimaliseren? Kortom: een verre van slaapverwekkend boek.

Prof. dr. Peter Hagoort, Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, Radboud Universiteit Nijmegen

Waarom slapen we eigenlijk? Deze vraag inspireert velen al heel lang. Coenen geeft een rijk geïllustreerd historisch overzicht van alle vragen waar slaaponderzoekers van droomden om antwoorden op te vinden, en wat ze in hun meest wakkere momenten vonden. Antwoorden die alsmaar weer nieuwe vragen oproepen. Een makkelijk leesbaar en leerzaam boek waarin Coenen je bij de hand meeneemt in de fascinerende wereld van slaaponderzoek, de hersenpan en dromenland.

Prof. dr. Eus J.W. van Someren, Hoofd Afd. Slaap & Cognitie, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



In de sport en zeker in topsport draait alles om presteren. Daarbij worden allerlei zaken uit de kast gehaald om op elk detail winst te boeken. De basis wordt echter altijd gelegd doordat mensen met voldoende talent op de juiste wijze veel trainen. Wat daarbij soms vergeten wordt, is dat het trainingsproces zelf niet veel meer betekent dan het aanspreken van energievoorraden en het creëren van prikkels (fysiek en mentaal), veelal gerelateerd aan vermoeidheid. Sterker en beter wordt de sporter pas wanneer verbruikte energievoorraden worden aangevuld (voeding!) en hij of zij goed uitrust en herstelt. Slaap is daarbij cruciaal. Tijdens de slaap worden fysieke schades hersteld, emoties verwerkt en motorische vaardigheden 'opgeslagen'. Zo past het lichaam zich aan. Heden ten dage echter staat deze aanpassing onder druk door verplichtingen op school, door werkzaamheden voor sponsors en door de druk van de sociale media. Daarom is het goed dat de topsport, onderbouwd door echte wetenschap, af en toe met de neus op de feiten wordt gedrukt en het belang van een basisbehoefte als slaap (weer) inziet. Bonus is dat we, op basis van de wetenschap, tevens kunnen werken aan het verbeteren van (de positieve effecten van) slaap, iets waar de hectische wereld van de topsport veel behoefte aan heeft. *Het slapende brein* behandelt alle aspecten van slaap op een leesbare wijze en daarmee vormt dit boek een onmisbare schakel tussen wetenschap en praktijk, waarmee sporters en coaches hun voordeel kunnen doen.

Kamiel Maase, voormalig topatleet (nationaal recordhouder op de 5.000 m, 10.000 m en marathon), Prestatiemanager Wetenschap & Innovatie bij NOC*NSF



VOORWOORD

“De Tour win je in bed.” Tijdens mijn wielercarrière ondervond ik zelf hoe belangrijk slaap is om te herstellen van zware ritten en om dag in, dag uit te kunnen presteren op topniveau. In de Ronde van Frankrijk zat ik drie weken lang uren achter elkaar op mijn fiets en verteerde ik vele kilometers. Zodra we na een etappe in het hotel aankwamen, ging ik op mijn bed liggen en pakte ik zo veel mogelijk rust.

In mijn wielertijd werd slaap nog niet op een wetenschappelijke manier benaderd. Ik rustte veel omdat ik merkte dat het goed was voor mijn lichaam. Inmiddels is er veel meer onderzoek gedaan naar het herstellend vermogen van slaap en heeft mijn befaamde uitspraak een gedegen onderbouwing gekregen. Na een slechte slaap voel je je minder uitgerust, ben je minder geconcentreerd en dus minder goed in staat tot het leveren van een topsportprestatie. Na een goede slaap voel je je beter en kom je tot betere prestaties.

Kortom, slapen en presteren hebben een innige band met elkaar. Slapen is net zo’n essentieel onderdeel in het leven van een topsporter als training en voeding, en een fenomeen dat het verdient om je goed in te verdiepen. Wat ik met het winnen van de Tour de France in 1980 al onderstreepte, wordt in dit boek aan de hand van wetenschappelijk onderzoek toegelicht: goed slapen is de weg naar succes!

Joop Zoetemelk



INHOUD

1. HET VERSCHIJNSEL SLAAP	11
1.1 De aandacht voor slaap ontwaakt met de Europese slaapziekte	11
1.2 De passieve versus de actieve slaaptheorie	13
1.3 Het meten van hersenactiviteit met het elektro-encefalogram	16
1.4 Wat gebeurt er in het brein tijdens slaap?	19
1.5 Een tweede soort slaap: de REM-slaap	23
1.6 Het mechanisme van REM-slaap	26
2. DE SLAAP VAN MENS EN DIER	31
2.1 Hoe ziet een nacht van slaap eruit?	31
2.2 Hoe lang en hoe diep slapen we?	34
2.3 De slaap van kinderen: Slaap, kindje, slaap	38
2.4 De slaap bij ouderen: een lust of een last	41
2.5 De slaap bij dieren: elegante slaapstrategieën	43
2.6 De adaptieve theorie van slaap	47
3. WAAROM SLAPEN WE EIGENLIJK?	51
3.1 Slaap is noodzakelijk voor leven	51
3.2 Slaap dient voor uitrusten en herstel: de restauratieve theorie	53
3.3 Is slaap goed voor onthouden? De consolidatietheorie	56
3.4 Houdt slaap het brein op orde? De humorale slaaptheorie	60
4. DE AFWISSELING VAN SLAPEN EN WAKEN	65
4.1 Het circadiane ritme	65
4.2 Slaap en lichaamstemperatuur: een onafscheidelijk duo	69
4.3 Slaap is afhankelijk van waaktijd en van dagtijd	74
4.4 Een uiltje knappen: de siësta en de post-lunchdip	77
4.5 Het ritme onder druk: zomertijd, jetlag en ploegendienst	81
4.6 Een afwijking van het ritme: delayed sleep-phase syndrome	84
5. DE OVERGANG TUSSEN WAAK EN SLAAP	87
5.1 Gapen en geeuwen	87
5.2 Het oog als venster op het brein	89
5.3 Op de rand van de slaap: visioenen en hallucinaties	90

6. HET DROMENDE BREIN	97
6.1 REM-slaap en dromen: een ondoorgrondelijke twee-eenheid	97
6.2 Een klassieke droomopvatting: de droom is bovenaards	100
6.3 De droomanalyse van Freud: Die Traumdeutung	102
6.4 Dromen zijn geen bedrog: de psychoanalyse	105
6.5 De inhoud van dromen: Waarover dromen wij?	107
6.6 Dromen zijn bedrog: de activatie-synthese-hypothese	110
7. PROBLEMEN MET DE SLAAP	115
7.1 Niet iedereen slaapt als een roos: psychofysiologische insomnie	115
7.2 De historie van slaapmiddelen: de barbituraten	118
7.3 Hedendaagse slaapmiddelen: de benzodiazepinen	120
7.4 Geen medicatie bij slapeloosheid, maar relaxatie	124
8. STOORNISSEN VAN DE SLAAP	129
8.1 Snurken: nachtelijk geronk	129
8.2 Slaapapneu: slapen kan adembenemend zijn	131
8.3 Zomaar in slaap 'vallen': de slaapziekte narcolepsie	134
8.4 Rusteloos en slapeloos: het rustelozebenenensyndroom	137
8.5 De parasomnieën: afwijkend gedrag in de slaap	139
9. HET BED EN DE SLAAPKAMER	145
9.1 Het bed en de matras	145
9.2 De slaapkamer en de slaap	150
10. PRESTEREN, SPORT EN SLAAP	153
10.1 Sport en slaap	153
10.2 De Tour win je in bed	155
10.3 Chronobiologie en sport	158
11. DE EPILOOG MET HYPNOS EN MORPHEUS	161
11.1 Hypnos: de god van de slaap	161
11.2 Morpheus: de god van de droom	163
11.3 Hoe beter de slaap, hoe beter het welbevinden	165
OVER DE AUTEUR	167

1

HET VERSCHIJNSEL SLAAP



1.1 DE AANDACHT VOOR SLAAP ONTWAAKT MET DE EUROPESE SLAAPZIEKTE

Slaap is een belangrijke levensfunctie, maar toch heeft dit verschijnsel nooit de aandacht gekregen die het verdient. Slaap wordt gewoonlijk gezien als een tijdelijke onderbreking van de veel belangrijker geachte periode van wakker zijn. En zelfs de medische wereld heeft nooit veel opgehad met dit indolente, zeg maar gerust saai, gebeuren. Er is niet minder dan een catastrofe voor nodig om het fenomeen slaap in het brandpunt van de belangstelling te krijgen.

Dat gebeurt in het jaar 1918, dat het einde van de Eerste Wereldoorlog markeert. Met het staken van de bloedige strijd is de ellende echter nog lang niet voorbij. De Spaanse griep slaat toe. Beginnend in Europa raast deze pandemie over de hele wereld en er vallen miljoenen slachtoffers. De griep is ook betrokken bij een tweede, verwante epidemie, de Europese slaapziekte (*Encephalitis lethargica*). Deze aandoening gaat eveneens gepaard met hoge koorts en griepachtige verschijnselen, maar er treden ook hersenontstekingen op, die bij patiënten een suffe, lethargische, slaapachtige, vaak comateuze toestand veroorzaken. Onbedoeld kent deze inktzwarte bladzijde in de geschiedenis toch ook een enkel lichtpuntje: artsen gaan zich noodgedwongen met de slaapziekte bezighouden. Slaap, tot die tijd een voetnoot in het medisch onderzoek, wordt een verschijnsel van betekenis: de interesse in slaap is ontwaakt!

De Oostenrijkse legerarts Constantin von Economo raakt al vroeg betrokken bij *Encephalitis lethargica*, wanneer hij de hersenen van overleden mensen gaat onderzoeken. In 1917 beschrijft Von Economo het ziektebeeld en noteert aandoeningen en ontstekingen in centrale, diep in het brein gelegen delen als middenhersenen en het nabijgelegen hypothalamisch gebied. De oorzaak van deze ziekte is naar alle waarschijnlijkheid een virus dat deze delen van het brein aantast. Dit leidt tot een lethargische, suffe toestand, vaak leidend tot coma en dood. Deze pathologische toestand die veel op slaap lijkt is echter geen slaap, maar een somnolente, slaapachtige, toestand. Soms zijn patiënten bij enig bewustzijn en reageren ze op aanspreken, maar in een gevorderd stadium van *encephalitis* zijn de patiënten comateus en vertonen vaak motorische, Parkinson-achtige stoornissen als spierstijfheid en tremoren.

Heel veel later, zo rond de zeventiger jaren, brengt dat de Engelse neuroloog Oliver Sacks (geb. 1933) ertoe om patiënten die de ziekte tijdens de epidemie van 1917 tot 1928 opgelopen hebben, en als zombies al decennia lang in het Mount Carmel-ziekenhuis in New York liggen, te gaan behandelen.



Figuur 1.1 Selene, de godin van de maan, wil haar geliefde, de knappe jongeling Endymion, wakker kussen. Hij verkiest echter om te blijven slapen in de hoop zo eeuwig jong te blijven. Dit is een fresco van een onbekende kunstenaar in de Ny Carlsberg Glyptotek te Kopenhagen.



Figuur 1.2 Links: Jan Evangelista Purkyně (1787-1869), Boheems fysioloog en grondlegger van de 'passieve' slaaptheorie. Rechts: Constantin von Economo (1876-1931), geboren in Bräilla (Roemenië) en opgegroeid in Triest en Wenen.



Figuur 1.3 Dit werk van de Franse schilder Théobald Chartran (1849-1907) uit 1819 zou model gestaan kunnen hebben voor de awakening van een al jarenlang in coma liggende patiënt. Het anti-Parkinson-middel L-dopa wordt toegediend, waarna de man op mysterieuze wijze ontwaakt. Helaas is hij dan te ziek en te oud om nog iets aan dat hernieuwde leven te hebben [National Library of Medicine, Bethesda, VS].

Hij heeft redenen om dat te doen met het anti-Parkinson-medicijn L-dopa. Een mirakel ontspint zich wanneer deze ongelukkige mensen, die als kind al ingeslapen zijn, plotseling wakker worden. Helaas is de vreugde maar van korte duur, omdat de patiënten volkomen verward zijn en wakker worden in een oud lichaam met vergevorderde verschijnselen van de ziekte van Parkinson. Het nieuw ingeblazen leven is zo schamel dat de behandeling al snel gestopt wordt en de patiënten hun vegetatief, tranceachtig bestaan hervatten. In zijn boek *Awakenings* uit 1973 verhaalt Sacks over dit zowel miraculeuze als desastreuze gebeuren.

In Afrika komt een variant van de Europese slaapziekte voor, de Afrikaanse slaapziekte (*Trypanosomiasis*). Deze ziekte wordt niet door een griepvirus veroorzaakt, maar door een trypanosoom, een eencellige parasiet. Geïnfecteerde tseetseevliegen kunnen door een steek de besmetting overbrengen. Koorts, hoofdpijn en een zware malaise zijn het gevolg. Wanneer de trypanosomen de hersenen binnendringen en gebieden rond diepe, centrale delen aantasten, ontstaat verwardheid, die gepaard gaat met allerlei soorten slaapstoornissen. Een slaapachtige, lethargische toestand is het belangrijkste kenmerk. Onbehandeld leidt de ziekte onherroepelijk tot de dood. Bestrijding vindt enerzijds plaats door patiënten te behandelen met middelen die de parasiet doden, en anderzijds door de tseetseevlieg, die alleen in tropisch Afrika voorkomt, aan te pakken.

Uit het onderzoek van hersenen van patiënten die aan de Europese slaapziekte zijn overleden blijkt al gauw dat de lethargische toestand een gevolg is van ontstekingen in het centrum van het brein. Maar de oplettende Von Economo constateert dat er soms helemaal geen sprake is van een lethargie, maar juist van hyperactiviteit en slapeloosheid: symptomen die volkomen tegengesteld zijn aan de normaal voorkomende verschijnselen. De Oostenrijkse arts vindt ook verschillen in de ontstekingsplaatsen. Geïnspireerd door deze tegenstrijdige ziektebeelden – van het lethargisch syndroom enerzijds, dat ontstaat door aandoeningen van middenhersenen en hypothalamisch gebied, en van het hyperactieve syndroom anderzijds, dat veroorzaakt wordt door aandoeningen van het preoptisch gebied en de basale voorhersenen – raakt hij ervan overtuigd dat er gebieden in het brein zijn die voor slaap zorgen en andere die juist voor waak zorgen. De theorie van de slaap-waakcentra in het brein is geboren. Maar deze ‘actieve’ theorie druist faliekant in tegen de algemeen geldende opinie van die dagen. De opvattingen van Von Economo zijn dan ook tegen het zere been van veel geleerden uit die tijd.

De allesoverheersende visie in die periode is dat slaap een passief proces is dat begint als er geen zintuiglijke prikkels meer binnenkomen. We doen de gordijnen dicht, draaien het licht uit, gaan rustig naar bed, sluiten de ogen en vallen in slaap. De befaamde fysioloog Jan Purkyně verwoordt het in 1846

als volgt: "Om wakker te blijven is een continue stroom van informatie naar de hersenen nodig, terwijl het blokkeren van deze stroom voor slaap zorgt." Deze theorie staat bekend als de 'passieve' of de 'de-afferentietheorie' van slaap. Slaap betekent simpelweg de afwezigheid van wakker zijn en dat wakker zijn wordt in stand gehouden door binnenkomende prikkels. Nemen deze in voldoende mate af, dan wordt de afferentie minder en treedt slaap op. Deze zienswijze is wijdverbreid en algemeen geaccepteerd. Ondanks de gegevens van Constantin von Economo wordt deze visie niet zonder slag of stoot opgegeven en er ontbrandt een felle strijd om de geldigheid van de passieve versus de actieve theorie van slaap. De Belg Frédéric Bremer is een uitgesproken voorstander van het idee dat een reductie aan prikkels uiteindelijk tot slaap leidt, terwijl de Zwitser Walter Rudolf Hess een proponent van de opvattingen van Von Economo is.

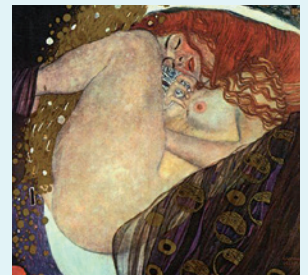
1.2 DE PASSIEVE VERSUS DE ACTIEVE SLAAPTHEORIE

Frédéric Bremer, een fervent voorstander van de klassieke opvatting die stelt dat slaap komt als er nog maar weinig prikkels binnenkomen, wil verweer bieden tegen de door Constantin von Economo ingezette tegenstroom van de actieve slaaptheorie, implicerend dat delen van het brein actief betrokken zijn bij slapen en andere bij waken. Bremer bedenkt in 1934 een ingenieus experiment om de juistheid van zijn visie aan te tonen. Zijn redenering is als volgt: "Wanneer ik proefdieren met elkaar vergelijk die alleen verschillen in de hoeveelheid prikkels die de hersenen bereiken, dan zullen dieren waarbij méér prikkels binnenkomen, méér wakker zijn, en minder slaap vertonen, dan dieren waarbij minder prikkels binnenkomen. Deze laatste zullen meer slaap vertonen en minder wakker zijn." Om zijn veronderstelling te toetsen doet Bremer het volgende, klassiek geworden, experiment. Bij een kat snijdt hij de hersenstam ter hoogte van het verlengde merg door (*encéphale isolé*), terwijl hij dat bij een tweede kat doet ter hoogte van de middenhersenen (*cerveau isolé*). De essentie is dat in het gebied tussen de twee sneden een aantal hersenzenuwen binnenkomt dat een belangrijke bron van zintuiglijke input vormt. Bij het *encéphale isolé* bereiken deze prikkels nog wel de grote hersenen, maar bij het *cerveau isolé* niet meer. Bremers voorspelling komt uit: het *cerveau isolé*, waarbij minder prikkels binnenkomen, vertoont meer slaap, terwijl het *encéphale isolé* een vrijwel normaal slaap-waakritme laat zien. De conclusie van Bremer is dat slapen en waken bepaald worden door de hoeveelheid prikkels die binnenkomen via de hersenzenuwen. Komen er veel prikkels binnen, dan is er sprake van waak; is er geen of weinig afferentie, dan is er sprake van slaap.

Er is geen speld tussen te krijgen en Bremer kraait victorie. Maar toch lopen de gemoederen steeds hoger op, zeker als de Zwitserse fysioloog Walter Rudolf Hess zich ermee gaat bemoeien. Hess is de man van de elektrische



Figuur 1.4 De twee kemphanen inzake de regulering van slaap. Links Frédéric Bremer (1892-1982), geboren in Arlon (België), en rechts Walter Rudolf Hess (1881-1973), geboren te Frauenfeld in Zwitserland. Bremer, hoogleraar in de neurofysiologie aan de Universiteit van Brussel, houdt vol dat slaap een passief proces is, terwijl Hess, professor in de fysiologie aan de Universiteit van Zürich, in lijn met Von Economo evidentie vergaart voor het actieve karakter van slaap. Hij doet dat met de techniek van de elektrische hersenstimulatie, waarvoor hij later, in 1949, de Nobelprijs krijgt.



Figuur 1.5 De Oostenrijkse kunstenaar Gustav Klimt (1862-1918) schildert in 1907 Danaë, de mythologische prinses van Argos. Nadat oppergod Zeus haar heeft bezocht en in een wolk van gouden regen heeft achtergelaten, valt zij in een diepe slaap. Het tekent de kracht waarmee de slaap kan inzetten, zelfs op een minder geschikt tijdstip en in een situatie die zich daar niet goed voor leent. Slaap is een krachtig, actief breinproces [Galerie Würthle, Wenen].



*Figuur 1.6 In de contouren van de hersenen van een kat is het reticulair systeem dat slapen en waken regelt in rood, geel en groen aangegeven: in rood het 'wak'-deel in het voorste deel van de reticulair formatie (het reticulair activerend systeem) en in geel en groen het 'slaap'-deel in het meer naar achteren gelegen deel van de reticulair formatie (groen zorgt voor normale slaap en geel voor REM-slaap). Boven: het *encéphale isolé*, met een normaal slaap-waakritme (de snede loopt immers geheel achter het rood-geel-groene gebied). Midden: het *cerveau isolé*, met een continue slaap (de snede verbreekt de verbinding van het rood-geel-groene gebied met de grote hersenen, en de slaap is eigenlijk een soort bewusteloosheid). Onder: het midpontine preparaat, dat continu waken vertoont (alleen het rode waakgebied kan immers zijn werking uitoefenen). De pijlen geven de entree van een drietal hersenzenuwen aan. De via deze zenuwen binnenkomende activiteit blijkt dus geen direct effect op slapen en waken te hebben.*



Foto: Boguslaw Żernicki

Figuur 1.7 In 1958 zijn Giuseppe Moruzzi (1920-1986) (links) en Horace Magoun (1907-1991) (rechts) op bezoek bij het Nencki Instituut te Warschau, waar zij de reticulair slaaptheorie bespreken.

hersenstimulatie en hij slaagt erin om bij katten, al naargelang de gebieden die hij stimuleert, diverse vormen van gedrag op te wekken. Bij stimulatie van bepaalde kernen vindt hij echter dat de katten in slaap vallen. Zijn interpretatie is dat de geprikkelde structuren, voornamelijk gelegen in centrale delen van het brein, actief betrokken zijn bij de regulatie van slaap. Hess wordt, met zijn voor die dagen vreemde en onnatuurlijke techniek, sterk aangevallen en hij kan zijn tegenstanders maar moeilijk overtuigen. De inslaaptijd van de katten na stimulatie is dan ook erg variabel en deze dieren vallen nu eenmaal gauw in slaap.

In 1949 vindt een belangwekkende doorbraak plaats. Twee fysiologen, de Amerikaan Horace Magoun, werkzaam bij het Brain Research Institute van de Universiteit van California in Los Angeles, en de bij hem op sabbatical zijnde Italiaan Giuseppe Moruzzi, verbonden aan de Universiteit van Pisa, houden zich bezig met onderzoek naar de functie van de reticulair formatie. Met de reticulair formatie wordt een complexe structuur in de hersenstam aangeduid, bestaande uit verspreid liggende kernen en daardoorheen lopende zenuwbanen. Gemakshalve worden daar twee delen in onderscheiden: een meer naar voren liggend deel in het mesencefalon (het reticulair activerend systeem, RAS) dat voor wakker zijn dient, en een meer naar achteren gelegen deel in pons (hersenstam) en medulla (de medullaire reticulair formatie), dat zorg draagt voor alles dat met slaap te maken heeft.

Met een scala aan methoden en technieken stellen Moruzzi en Magoun vast dat de mesencefale reticulair formatie betrokken is bij wakker worden en bij wakker blijven. Prikkeling ervan leidt tot een *arousal* of wekreactie, terwijl een beschadiging lethargische en coma-achtige verschijnselen induceert. Daarom wordt dit deel het reticulair activerend systeem (RAS) genoemd. De medullaire reticulair formatie is daarentegen betrokken bij inslapen en doorslapen. Het mesencefale en het medullaire systeem beïnvloeden elkaar wederzijds en activiteit van het ene deel leidt tot inactiviteit van het andere. De schakelaar voor slaap en wakker ligt in de hersenstam. Het bewijs voor de actieve slaaptheorie lijkt hiermee definitief geleverd.

Maar hoe zit het dan met Bremers uitkomsten? Het lijkt er sterk op dat Bremer veel pech gehad heeft. De snede waardoor het *encéphale isolé* ontstaat ligt achter het hele reticulair systeem. Dat kan zijn invloed blijven uitoefenen, waardoor de slaap-waakcyclus niet verandert. Daartegenover is bij het *cerveau isolé* de verbinding van het activerende deel van het reticulair systeem met de grote hersenen verbroken en kunnen deze niet meer geactiveerd worden. Dit verklaart de lethargische, op slaap lijkende toestand van het dier, welke eigenlijk meer een soort bewusteloosheid is.