

Lettre de la Société Francophone de Chronobiologie

RYTHMES

Bulletin du Groupe d'Étude des Rythmes Biologiques

Tome 44 - Numéro 1-2

Janvier-Juin 2013

<http://www.sf-chronobiologie.org>**Sommaire**

Éditorial du président	1
Communication éditoriale	2
Articles :	
<i>Sonnez les matines ! Rythme nocturne et sommeil des moines cloîtrés (I. Arnulf et al.)</i>	4
<i>La chronobiologie chez les animaux marins. Bilan et perspectives en éthologie marine et écotoxicologie. (A. MAT et al.)</i>	18
Annonces de congrès	24
Rubriques	
<i>Mise à jour de l'annuaire électronique</i>	3
<i>Notre site Web</i>	3
<i>Chronobiologistes</i>	30

Éditorial

Chers collègues et amis,

Deux pionniers de la Chronobiologie, Franz Halberg et Erhard Haus, nous ont malheureusement quittés tous deux en cette première quinzaine de Juin 2013. Ils avaient su proposer bien avant l'heure (!) une vision « système » de la coordination des horloges biologiques, et ce dès les années 70, faisant du Minnesota, l'un des principaux centres de recherche en Chronobiologie dans le monde. Travaillant de concert, bien que pas toujours en harmonie, Franz et Erhard ont en effet développé et associé de nouvelles méthodologies expérimentales et computationnelles, dédiées à la mise en évidence et la quantification des rythmes biologiques. Après avoir démontré l'endogénéité des rythmes circadiens des êtres vivants, ils se sont attachés à comprendre comment les rythmes biologiques pouvaient nous aider à mieux comprendre et traiter les maladies humaines. Ils ont alors introduit le concept de chronothérapie, et élargi les recherches en Chronobiologie aux domaines ultradiens et infradiens.

Au cours de ces vingt dernières années, le système circadien a vu sa nature de réseau hiérarchisé d'horloges moléculaires, mise en évidence expérimentalement, puis approfondi aux plans moléculaire et mathématique. J'ai, pour ma part, eu le privilège d'apprendre la Chronobiologie auprès de Franz et d'Erhard pendant trois années passées au Minnesota, puis de poursuivre nos échanges scientifiques. Nous rendrons un hommage à nos deux collègues dans le prochain numéro de « Rythmes » et partageons la tristesse de leur famille et de leurs proches.

La vision multidisciplinaire de la Chronobiologie est précisément celle que la SFC souhaite promouvoir auprès des autorités scientifiques, médicales et éducatives nationales et internationales. Elle se précise notamment à travers la préparation du prochain congrès annuel de notre société, qu'André Klarsfeld et moi-même organiserons à Paris du 29 au 31 Octobre 2014, avec l'aide des comités scientifiques et d'organisation.

Un défi pour le futur congrès de notre Société, mais aussi pour son évolution ultérieure, est bien de privilégier le meilleur niveau scientifique international, tout en favorisant à la fois les indispensables échanges scientifiques en Français, et la communication en Anglais avec nos collègues étrangers. Nous y parviendrons, je le crois, en renforçant et développant des partenariats scientifiques avec les Sociétés savantes françaises et européennes, dont l'exper-

(Suite page 2)



tise complète la nôtre, pour les thèmes que nous voulons traiter.

A cet égard, les relations avec l'European Biological Rhythms Society (EBRS) sont essentielles, et celles-ci n'en seront que renforcées par la présence en nombre de nos membres au Congrès de Munich qui aura lieu du 18 au 22 Août 2013 (<http://www.ebrs-online.org/ebrs2013.html>). La SFC a cette année offert cinq bourses de voyage d'un montant de 300 € chacune à de jeunes scientifiques pour leur permettre d'y présenter leurs travaux.

Le partenariat avec la Société Française de Recherche sur la Médecine du Sommeil se traduira par deux sessions « Cancer et Sommeil » et « Vulnérabilité à la privation de sommeil » lors du prochain congrès de la SFMRS (Marseille, 21-23 Novembre 2013). Des contacts avec d'autres sociétés ou organismes se mettent en place. L'expertise scientifique collective de la SFC représente une force que nous devons valoriser et développer sans exclusive.

Enfin un nouveau site, attrayant, moderne et convivial devrait voir le jour en 2013, et donner à la SFC la visibilité qu'elle mérite sur le web. Cela nous amènera à repenser nos outils de communication, ce dont nous débattons ensemble le moment voulu.

Ce numéro de Juin me donne l'occasion de vous souhaiter une excellente saison estivale, et d'espérer vous retrouver à Munich en Août !

Francis Lévi

Président de la SFC

Communication éditoriale

Chers collègues et lecteurs de Rythmes,

Vous avez pu constater ces derniers mois un retard dans la parution des numéros de votre revue. Ce retard de parution est essentiellement dû à un changement de l'équipe éditoriale au second semestre 2012. Suite à ces changements, et aux retards de parution accumulés, ce numéro représente la compilation des numéros de Décembre 2012 à Juin 2013 en un volume unique. Grâce à ce dernier numéro, votre revue est maintenant à jour de parution et nous mettons tout en œuvre pour garder un rythme de publication régulier à raison de 4 publications par an. En espérant que le plaisir de retrouver votre revue reste entier, nous vous souhaitons une bonne lecture,

Fabien Pifferi, pour l'équipe éditoriale.

Visitez régulièrement le site Web de la SFC

Le site de la Société Francophone de Chronobiologie est consultable à l'adresse

<http://www.sf-chronobiologie.org>

Tout comme l'ancien site, il comporte une présentation de la société et de ses activités ainsi qu'un annuaire de ses membres. Chaque membre recevra un courrier avec un nom de login et un mot de passe personnel qui lui donnera un accès personnel pour notamment modifier sa fiche. Le site constitue aussi une riche source d'informations sur la recherche et l'enseignement qui portent sur la chronobiologie, ainsi que sur l'actualité de cette discipline. Je vous laisse explorer le site de manière plus approfondie et compte sur vous tous pour l'alimenter régulièrement et le faire vivre longtemps !

Sophie LUMINEAU

Vos coordonnées accessibles sur le site de la SFC

M, Mme, Mlle, Prénom, Nom :

Titres, fonction

Adresse

Tel

Fax

Courriel :

Mots clefs :

Pensez à actualiser vos données

Utilisez ce formulaire pour une première inscription ;

Modifiez vos données en ligne si nécessaire (voir ci-dessous).

Ouria Dkhissi-Benyahya, secrétaire générale de la SFC

INSERM U846, Institut Cellule Souche et Cerveau
Département de Chronobiologie

18 avenue du Doyen Lépine, 69500 BRON

Tel : 04.72.91.34.87

Fax : 04.72.91.34.61

Comment actualiser ses coordonnées sur le site.

Si vous connaissez votre identifiant et votre mot de passe, aller dans [Espace membres](#) et entrer l'identifiant et votre mot de passe, puis suivre les instructions.

Si vous n'avez pas encore votre identifiant et votre mot de passe, vérifier d'abord que vous êtes bien enregistré dans l'annuaire [Annuaire des membres](#) et cliquer sur la lettre initiale du nom. Noter le mail sous lequel vous êtes enregistré.

Aller dans [Espace membres](#) et cliquer sur [Login/Mot de passe oublié?](#) ; on vous demande alors le mail sous lequel vous êtes enregistré, et vous recevrez alors votre identifiant et votre mot de passe.

Sonnez les matines ! Rythme nocturne et sommeil des moines cloîtrés.

Isabelle ARNULF, Agnès BRION, Michel POTTIER et Jean-Louis GOLMARD

Université Aix-Marseille, Centre de Recherche en Neurobiologie et Neurophysiologie de Marseille,
CNRS UMR 6231, case 351-352, avenue escadrille Normandie Niémen,
13397 Marseille cedex, France.

Résumé

Depuis le 4^e siècle après Jésus-Christ, les moines veillent au milieu de la nuit : ils se lèvent pour un office liturgique nocturne appelée Matines ou Vigiles, qui coupe leur sommeil en deux. Les raisons de ce rythme millénaire sont plurielles : dominer le sommeil par ascétisme, prier le plus continuellement possible, veiller pour repousser démons et rêves impurs (pour que le monde puisse dormir en paix), prier et chanter avec plaisir dans le silence de la nuit et être ainsi plus réceptif au message divin. Nous avons étudié comment le sommeil et l'horloge interne s'adaptent à ce rythme semi-circadien suivi sans rémission pendant 5 à 46 ans par les moines et moniales contemplatifs d'un ordre cloîtré. La qualité de la veille, du sommeil et des rêves, la température centrale (durant 48 h) et le rythme repos-activité (par actigraphie durant 7 jours) ont été étudiés chez 10 moines et 10 témoins. L'office des Matines avait lieu en semi-pénombre de minuit à 2h15 ou 3h15. Les moines se couchaient (en médiane à 20:05 ± 00:59 contre 00:00±00:54) et se levaient plus tôt (à 06:27±00:22 contre 07:37±00:33) que les témoins et ils dormaient une heure de moins par nuit (6,5±0,6 h contre 7,6 ± 0,7 h). Ils avaient tout de même plus de mal à s'endormir le soir, plus de troubles du sommeil et de la vigilance, et un peu plus d'hallucinations liées au sommeil. Alors qu'ils vivaient en silence et solitude, ils parlaient fréquemment dans leurs rêves et parfois priaient. Alors que les sujets extérieurs avaient un rythme de température monophasique (maximale à 17:31 et minimale à 6:20), les moines avaient un rythme biphasique : leur température remontait à 22:35 ± 00:23 alors qu'ils étaient encore endormis, comme pour préparer une nouvelle journée, puis rechutait après les Matines pour remonter classiquement sur le petit matin. Bien que cette montée de température précédât le réveil de plus d'une heure, les moines avaient besoin de plusieurs réveille-matins pour se réveiller à minuit. Ce profil biphasique montre que l'horloge humaine est capable de s'adapter et même d'anticiper un réveil intra-nuit régulier. Il rappelle le sommeil des sujets placés en courte (10 h) photopériode, ainsi que le sommeil médiéval, quand les personnes se couchaient avec le soleil : il était alors normal de dormir en deux morceaux de 4 h, et de se réveiller en milieu de nuit pendant 1 à 3 h, quitte à discuter avec son conjoint, prier, réfléchir ou calmement attendre en « dorveille ». Un exemple de rythme humain finalement très ancien et sans danger (ces moines vivent centenaires !) qui pourrait aider ceux qui se réveillent en milieu de nuit sans pouvoir se rendormir immédiatement à relativiser le temps qui passe ...

Introduction

La vie monastique est née au 4^e siècle après Jésus-Christ en Europe, avec d'abord des ermites puis de petites communautés humaines qui s'isolent du monde pour prier ensemble. Celle des moines catholiques s'est organisée dans de nombreux monastères à partir du 8^e siècle selon des règles qui suivent un rythme circadien fixe (d'où l'appellation de « clergé régulier »). Ce rythme a traversé le temps et persiste dans des dizaines de monastères Français : jour après jour et nuit après nuit, des communautés d'hommes et de femmes prient, travaillent, mangent et se reposent aux mêmes heures, suivant un zeitgeber commun déterminé par la cloche du monastère. Ce rythme change de façon prédictible selon les heures (de Matines aux Complies), les jours (il diffère le Dimanche) et les saisons (il existe un jeûne d'hiver).

Si la façon dont des groupes humains synchronisent leurs rythmes circadiens lorsqu'ils vivent transitoirement ensemble a déjà été étudiée en condition d'isolement temporel, le sommeil et le rythme de ces communautés monastiques a été curieusement très peu étudié. Ainsi, dix religieuses soumises par leur règle interne à une légère restriction de sommeil dorment d'un meilleur sommeil que les témoins, s'endormant plus vite, d'un sommeil plus continu et plus riche en sommeil paradoxal (Hoch et al., 1987). Cependant, cette étude unique concernait un ordre religieux dont la période de sommeil était continue. Dans certains ordres stricts, le sommeil de nuit est interrompu par une prière nocturne nommée Matines ou Vigiles. Contrairement aux travailleurs postés ou aux navigateurs solitaires, qui adoptent un rythme bi-circadien ou ultradien sur quelques jours uniquement, ces moines vivent ce rythme de sommeil coupé en deux pendant des dizaines d'années, sans

(Continued on page 5)

(Continued from page 4)

interruption de week-end ou de vacances. Leur mode de vie constitue un modèle quasiment expérimental de rythme bi-circadien continu. Nous nous sommes demandés comment leur horloge interne s'adaptait après plusieurs années à ce rythme particulier. Nous avons donc d'une part fait une recherche bibliographique historique sur la façon dont les moines considéraient le sommeil et organisaient les rythmes communs dans les ordres catholiques : ces données sont incluses dans les 5 différents encarts du texte. D'autre part, nous avons interrogé 17 moines et moniales du même ordre sur leur sommeil coupé en deux par les matines, et 10 d'entre eux ont accepté que nous étudions leur rythme interne de température et leur rythme activité-repos, comparés à celui de 10 témoins du monde extérieur.

Les moines maîtres du temps

Au moment où naît le monachisme en Europe, le temps est mesuré suivant l'heure romaine. La journée, du lever au coucher de soleil, est divisée en douze heures égales. Ces heures romaines ne durent 60 minutes qu'aux équinoxes, et durent 90 min au Solstice d'été et 45 min au Solstice d'hiver (Biarne, 1981). La même façon de compter les heures a lieu la nuit. Le regroupement de ces heures se fait par 3 : ainsi, la première heure du jour se nome Prime, la troisième Tierce, la sixième Sexte (qui a donné naissance au mot Sieste), la neuvième None. La nuit est aussi divisée en douze heures de 18 :00 h à 6 :00, et ponctuée de quatre repères toutes les trois heures romaines, dénommées « Veilles » : on distingue ainsi la première, deuxième, troisième et quatrième Veilles, souvent évoquées pour repérer l'heure nocturne dans les romans. On ne voit apparaître de division de la journée et de la nuit en heures d'égale durée qu'au 12^e siècle. Par exemple, le calendrier des Chartreux indique pour chaque mois : Janvier : noxhabetoras XVI, dies VIII : les journées durent 8 heures, les nuits durent 16 h ; Février, noxhabetoras XIV, dies X les journées durent 10 heures, les nuits durent 14 heures (Laporte, 1965).

La liturgie des Heures, ou Office Divin, détermine ainsi les différentes prières que le moine doit suivre, en suivant l'ordre à partir de minuit : Matines (ou Vigiles), Laudes, Prime, Sexte, None, Vêpres (du soir), et Complies. Il s'agit d'un rythme ultradien de 3



Figure 1. Peinture d'un monastère italien comportant douze cellules-maisonnettes disposées autour d'un grand cloître, des bâtiments communs dont l'église autour de trois petits cloîtres, et l'accès à l'eau (fontaines, puits, vivier à poisson). Notez le clocher central, qui permettait que le son de la cloche (le *zeitgeber* des rythmes ultradiens de la vie monastique) soit entendu au plus loin du monastère.

heures, qui semble hérité de la tradition juive de remercier Dieu régulièrement des trois dernières heures écoulées. On le retrouve aussi en partie dans les cinq prières diurnes de l'Islam. Un autre but de ce rythme ultradien, évoqué par Saint Benoît, est de structurer la journée du moine et de sa communauté, d'éviter la dangereuse perte de tout repère temporel telle que l'avait vécue certains ermites isolés, et d'éviter l'oisiveté. Les Livres des Heures apparaissent au 12^e siècle (celui des Très Riches Heures du Duc de Berry est l'un des plus célèbres exemples) comme des vecteurs séculaires, destinés au clergé

séculier et aux laïcs, afin qu'ils puissent aussi, dans le Monde, suivre le rythme des moines. Certains auteurs envisagent même que la notion moderne de temps et des marqueurs temporels soit née du repérage précis du temps par les moines : la cloche du monastère puis celle de l'église séculière, était entendue dans les champs signalait le temps aux paysans médiévaux (Duchet-Suchaux and Duchet-Suchaux, 2006).

Organisation des repères temporels et *zeitgeber* chez les moines

A partir du moment où une communauté entière doit suivre le même rythme ultradien, il faut des personnes pour déterminer l'heure et avertir le reste de la communauté, bien avant les montres individuelles réglées sur une heure commune dont nous disposons actuellement. Cette fonction fondamentale dans les monastères est dévolue à une personne, le Vicaire. Le *zeitgeber* du monastère va être la cloche, ou plutôt les cloches car il existe souvent 2 à 3 cloches de tonalités différentes qui sonnent l'heure des différentes prières, et sonnent aussi 15 minutes avant chaque prière pour que chaque moine se tienne prêt à joindre la messe communautaire. Ainsi, le clocher occupe une position centrale fondamentale dans les monastères, afin que le son de la cloche puisse être entendu dans chaque cellule, même lointaine. On trouve des systèmes plus anciens que la cloche (le gong des monastères asiatiques, ou l'appel de l'Imam depuis le minaret de la mosquée) dans les premières communautés religieuses, sous la forme de planches de bois que l'on frappe fort.

La façon de compter le temps commence donc

(Continued on page 6)

(Continued from page 5)

avec le lever du soleil, ou Prime. Le repère est souvent l'heure à laquelle la lumière est suffisante pour pouvoir lire : « Cum jam legipotest ». Au monastère de la Grande Chartreuse au 11^e siècle, l'heure de Prime était déterminée depuis le Moyen-Âge par le premier rayon de soleil apparaissant sur le Grand Som, la montagne qui fait face au monastère (Laporte, 1965). Les intervalles de temps sont ensuite mesurés avec des cadrans solaires, des horloges à eau, des chandelles à marque au temps de Charlemagne, des horloges mécaniques à poids tombant au 10^e siècle, à ressort au 15^e siècle et à pendule au 17^e siècle (Dohm-Van Rossum, 1996). En 1198, lorsqu'un incendie survint à l'abbaye de Saint Edmundsbury (maintenant Bury St Edmunds), les moines durent « courir à l'horloge » pour prendre de l'eau, ce qui suggère que l'horloge à eau contenait un très grand réservoir (Jane, 1910). Saint Pierre Damien recommande au moine sonneur de cloche d'observer non seulement le soleil le jour, mais aussi la lune et les étoiles la nuit (Bède le vénérable (saint), 1844), et de remédier au problème les jours nuageux en comptant le temps à l'aide d'un nombre déterminé de psaumes chantés (on parle alors d' « horloge à psaumes »). Les psaumes sont en effet des phrases chantées sur quelques notes, phrases se répondant entre deux chœurs de moines face à face avec une précision temporelle extrême, comme dans tout chœur. Les Moines Noirs (Ardo seu Smaragdus, 1844), les Clunisiens (Uldaric, 1844) et les moines de l'abbaye de Canterbury (Lanfranc, 1844) signalent tous ainsi qu'il y a plus de psaumes chantés lors des Matines d'hiver que d'été (puisque les heures de nuits l'hiver durent plus de 60 min).

L'heure des Complies (terme qui désigne la complétion de la journée, le fait qu'elle est terminée et se nommait prothypnia, « avant le sommeil », en grec ancien) est généralement déterminée par l'heure à partir de laquelle il n'est plus possible de lire. Elle est fixée autour de 19h45, heure qui correspondait aussi au coucher des paysans en Campanie Italienne à la tombée de la nuit. La prière de Complies, généralement individuelle en cellule, est destinée à précéder le sommeil. Elle a été reprise de façon séculière courante comme la prière avant de dormir, avec les mêmes mentions : faire un examen de conscience, remercier Dieu de la journée écoulée, lui recommander son âme avant de dormir, espérer un sommeil reposant. Au Moyen-âge, le risque de mourir pendant la nuit était important (il l'est toujours, quoique les décès surviennent plus fréquemment au matin) : il fallait recommander son âme au cas où l'on mourrait en dormant. Plusieurs règles monastiques insistent sur la nécessité d'aller se coucher rapidement : « Après que la cloche a sonné l'Angélus, ils doivent dire les Complies dans un délai d'une heure. Une fois celles-ci, récitées, il faut qu'ils aillent au lit sans délai. Pendant le temps alloué au repos, ils doivent avoir soin de prendre suffisamment de repos pour pouvoir participer avec avidité à l'office de nuit. » Aussi, « On nous recommande et même nous or-

donne de nous appliquer avec le plus grand soin à dormir pendant les heures dévolues au repos, afin d'être vigilant pour le reste du temps » (Laporte, 1965). Actuellement, la mesure du temps dans les monastères est la même que dans le reste de la France, avec horaire d'été et d'hiver, horloge centrale et montres.

Durée de sommeil chez les moines

Entre le 3^e et le 8^e siècle après Jésus-Christ, le sommeil est plutôt considéré comme du temps perdu voire néfaste (avec la venue de rêves d'origine diabolique) dans les écrits laissés par les moines. Ainsi, on retrouve fréquemment l'idée ascétique, héritée probablement des philosophes grecs, que l'esprit doit pouvoir dominer les besoins basiques du corps, et réduire à volonté la nourriture, le contact avec les autres êtres humains, la sexualité et le sommeil. Les moines ermites qui partent dans le désert de Syrie ou d'Égypte au 3^e siècle soutiennent cette idée de différentes façons. Ainsi, Saint Daniel rapporte que Saint Arsène, un grand ermite, passait ses nuits en prière pour finalement, terrassé de fatigue au petit matin, s'adresser à ce sommeil irrésistible en lui disant « Viens ici, méchant serviteur ! ». Puis, assis, il somnolait un peu puis se réveillait. Il soutenait aussi qu'un bon moine peut arriver à ne dormir qu'une heure par jour, s'il est un bon combattant (Dom Regnault, 1981). Les nuits en prière, dans le désert, de Saint-Antoine, qui ont donné naissance à des hallucinations d'animaux et de femmes ont souvent été représentées en peintures comme des tentations. Pour contraindre le sommeil, les ermites vont dormir de façon la plus inconfortable possible : sur une colonne de pierre (comme Saint Siméon le stylite au 3^e siècle, dont l'exemple a été suivi par de nombreux ermites stylites et dont on peut encore voir la colonne dans le nord de la Syrie), dans des arbres épineux (ces ermites du 3^e siècle ont été appelés les « dendrites »), assis le dos appuyé sur un mur comme Saint Pacôme au 4^e siècle (Guillaumont, 1979), sur le pavé de l'église comme Saint Dominique au 12^e siècle fondateur de l'ordre des Dominicains, sur un lit de sarments de vigne comme Sainte Claire, fondatrice de l'ordre des Clarisses, ou sur une planche de bois avec une pierre pour oreiller comme dans l'ordre de Feuillants au 16^e siècle (Gain, 1989). Saint Colomban, qui a fondé de nombreux monastères en Irlande et en France (dont Jumièges et Saint Wandille en Normandie) au 6^e siècle, recommandait aux moines de ne pas dormir plus de 5 heures par nuit (Gerhards, 1998). Si certains législateurs monastiques suggéraient de punir les moines qui baillaient pendant l'office, d'autres comme Jean-Cassien (4^e siècle) soulignait déjà que la quantité de sommeil devait être suffisante pour éviter la somnolence diurne lors des offices (Jean-Cassien (saint), 1965). Ils recommandaient une durée de sommeil de 7 à 8 heures, et de compenser les courtes nuits d'été de 4 heures 15 par une sieste après Sexte, qui se nommait « méridienne » (pour « milieu du jour ») et pouvait durer jusqu'à 3 heures

(Continued on page 7)

(Continued from page 6)

de temps (Jean-Cassien (saint), 1965). Même Saint Pierre-Damien, qui, au 11^e siècle, prônait la restriction du sommeil dans son chapitre "De somnitione", reconnaissait que l'habitude de la sieste méridienne permettait que les offices soient correctement célébrés (Pierre Damien (saint), 1844). Finalement, Saint Benoît au 8^e siècle (dans sa règle depuis très largement appliquée, y compris en dehors de l'ordre des Bénédictins), recommande une organisation du temps journalier monastique en trois tiers : 8 heures pour prier, 8 heures pour travailler et 8 heures pour dormir. Cette règle indique aussi l'organisation des dortoirs, les moines devant dormir suffisamment pour avoir digéré, habillés (avec leur ceinture mais sans leur couteau), prêts à se lever pour le service divin, avec un escalier (dit « escalier des Matines ») direct du dortoir à l'église. Chaque moine éveillé la nuit devra exorter à voix basse ses voisins et retardataires à se lever rapidement, car « l'on ne saurait être en retard pour le service de Dieu ».

Une coutume ancienne des moines Chartreux comportait un réveil précoce pour les Vigiles, et il n'était pas permis ensuite de se rendormir jusqu'à Prime, sauf pour certains moines très âgés, autorisés à somnoler allongés sur un banc. Pour éviter qu'ils ne se rendorment, les autres moines s'occupaient à écosser les pois et fèves, cirer les chaussures, coudre des vêtements ou éplucher des navets (Laporte, 1965). A Cluny, un moine portant une lanterne vérifiait qu'aucun moine ne dormait pendant l'office (Uldaric, 1844). Un moine bénédictin nous a confié qu'il ne parvenait pas à se réveiller à 5 h du matin pour Vigiles, même après que le Révérend Père ait déplacé sa cellule contre le mur jouxtant la grosse cloche principale du monastère, qui tintait pourtant bruyamment. Il y a moins de 20 ans dans un monastère, si une moniale n'arrivait pas à se réveiller pour Matines, la Mère supérieure prenait son oreiller le lendemain matin, le plaçait à l'entrée de l'église ; chaque sœur de la communauté s'agenouillait dessus en entrant pour la messe et priaient pour que leur sœur parvienne à se réveiller les nuits suivantes (une procédure nommée culpa, du latin « faute », suivant l'idée forte que la communauté souffre ensemble de la faute d'un seul, comme elle se réjouit collectivement du bonheur d'un seul).

Les Matines ou Vigiles

Le sommeil était chez les moines soit organisé comme une période continue unique la nuit (avec un coucher tardif ou un lever précoce) soit coupé en deux, voire plus, selon les ordres religieux. L'ordre bénédictin comporte un sommeil d'un seul trait avec un réveil très tôt (vers 03 :30) pour les Vigiles (ou « veille nocturne » en latin, ou Matines qui signifie « qui vient avec le matin »). Chez les moines orthodoxes, la prière nocturne (encore en vigueur par exemple au monastère de Saint Jean de l'Apocalypse à Patmos) fait partie des prières du milieu de la nuit (le mesonichtikon, ou médianoche en français) : elle est nommée Orthos et se déroule de 02:45 à

06:00. La symbolique à laquelle se réfèrent souvent les moines pour parler de cette période de Vigile est celle de l'attente nocturne, en pleine conscience, du retour du Seigneur, comme on attend dans la pénombre l'arrivée de l'aube et de la lumière solaire (rappelons que le mot Dieu prend son étymologie dans le latin désignant la lumière du jour). La référence à Jacob combattant l'Ange toute la nuit jusqu'à l'aube dans la Genèse est fréquente (Niaussat and Thomas, 2000). Les Vigiles nocturnes se terminent par la prière de Laudes (louanges) symbolique de la résurrection et du lever de soleil (Niaussat and Thomas, 2000). On note d'ailleurs que les églises cisterciennes sont orientées Est-Ouest de façon à ce que la première lueur du jour à travers le vitrail Est tombe sur l'autel.

Dans d'autres ordres, le sommeil est coupé en deux par un office liturgique nocturne nommé aussi Matines ou Vigiles et suivie par la prière des Laudes. On trouve d'ailleurs un psaume indiquant : « A minuit je me lèverai et Te remercierai ». On trouve plusieurs explications pour cette prière nocturne : la principale est celle de la prière perpétuelle (« il faut prier sans cesse ») sans interruption nocturne. Dans ce sens, on trouve chez les moines Coptes, encore actuellement, une organisation monastique avec des binômes de moines se succédant à tour de rôle toute la nuit dans l'église pour chanter les psaumes et lire les textes saints, de façon à ce que la prière ne s'interrompe jamais. Dans l'abbaye irlandaise de Bangor (6^e siècle), l'organisation comprend sept équipes différentes de moines jour et nuit afin de prier perpétuellement (Arnoux, 2000). Une autre explication pour ces messes nocturnes se réfère aux conceptions médiévales à propos de la nuit : celle-ci est perçue comme un moment dangereux, vulnérable, pendant lequel non seulement les voleurs et ennemis peuvent attaquer, mais aussi les démons. Ceux-ci se manifestent en particulier dans les cauchemars, mais aussi dans les tentations nocturnes lors des rêves, ou rêves impurs. Dans ce sens, les moines au Moyen-âge veillent et prient la nuit pour repousser les démons et pour que le reste du monde puisse dormir en paix. Les raisons actuelles que les moines nous ont données lors de nos visites étaient plus spirituelles : le silence et la pénombre du milieu de la nuit font de cet office de chant et de lecture des textes saints un moment de ferveur, de concentration et de spiritualité plus intense que les autres offices du jour. Un moine nous a fait remarquer que de nombreux messages divins dans la Bible ont été délivrés la nuit.

L'un des problèmes est d'arriver à réveiller tout le monastère pour cet office qui se situe soit vers minuit pour les organisations de sommeil coupé en deux, soit très tôt, vers 3 ou 4 h du matin pour les moines couchés tôt et dormant d'un seul trait. En plus de sonner les cloches, le Père Vicaire est souvent aussi en charge de veiller à ce que tous les moines soient réveillés pour l'office de nuit. Il porte alors le nom d'« excitator dominus » (le Père éveillé).

(Continued on page 8)

(Continued from page 7)

leur). Il le fait en frappant à la porte de chaque cellule. A l'intérieur, le moine signale en retour qu'il a bien entendu en tapant avec un bâton sur le montant de son lit de bois. Les moines de l'ordre étudié ici dormaient dans des lits entourés de bois sur trois faces, assez proches des lits armoires médiévaux. Malgré des murs de plus d'un mètre d'épaisseur, il pouvait geler la nuit dans les cellules à cette altitude l'hiver, bien qu'un petit poêle à bois entretenu par le moine y garde un peu de chaleur. L'habit de moine était en laine lourde et pesait 7 kg. Certains monastères comportaient un système plus complexe de clochettes commandées de façon centrale, activées par le Père Vicaire pour sonner dans chaque cellule, avec des contre-clochettes tirées par chaque moine avertissant le Vicaire de leur réveil. Avant de commencer l'office de nuit, le Père Supérieur vérifie des yeux qu'il ne manque aucun moine. Si c'est le cas, il envoie d'un geste un autre moine chercher le moine manquant, dans le but principal de s'assurer qu'il n'est pas malade.

L'office des Matines se déroule dans la semi-pénombre, les éclairages étant auparavant à la bougie et actuellement électrique avec une lumière inférieure à 30 lux. Il existe même de longues périodes de prière de 5 à 10 minutes totalement dans le noir. Les moines pensent qu'il devait y avoir une raison économique à ce faible éclairage nocturne, la cire étant coûteuse au Moyen-âge dans des monastères souvent pauvres. Il est cependant nécessaire d'éclairer un minimum pour que le moine lecteur lise à voix haute le texte saint, et que les moines puissent suivre et chanter les Psaumes, suivant pour cela à trois un livre de chant grégorien relié ancestral et gigantesque (l'antiphonaire), pesant plus de 10 kg. Les Psaumes sont des vers chantés sur 8 tons, par deux chœurs de moines se faisant face et alternant leurs réponses. Le déroulement temporel en est très précis (on comprend qu'une horloge des Psaumes ait pu être utilisée pour mesurer le temps la nuit), et demande une forte concentration. De plus, la position des moines change très souvent, debout, assis, agenouillé, allongé sur le sol, ou demi-assis sur des de courtes banquettes de bois hautes, aménagées sous le siège de la stalle et nommés miséricordes. Comme visiteurs, il nous a semblé qu'il était impossible de somnoler pendant ce complexe protocole, même s'il durait 2 à 3 heures. Une dispense de Matines peut être donnée par le Père Supérieur si un moine était malade ou très âgé, et les moniales sont autorisées à manquer l'office une nuit par semaine ou au moment des règles.

Silence, solitude et contemplation

Les moines contemplatifs ont une vocation différente de celles des moines des ordres enseignants, prêcheurs ou soignants. Ils recherchent et suivent un mode de vie qui s'approche le plus possible de celui de l'ermite, mais un ermite qui vivrait en communauté. Pour s'en approcher, ils suivent une règle de silence, vivant dans un calme complet, ne communi-

quant entre eux que par brefs signes de tête ou mots écrits, la parole étant réservée à la promenade commune hebdomadaire (nommée « spaciement ») et à la réunion hebdomadaire du chapitre. La deuxième règle est celle de la solitude : les deux monastères étudiés sont très loin des villes et des routes, en montagne. Chaque moine ou moniale vit dans une cellule, en fait une maisonnette de deux étages avec chambre, bureau, oratoire, petit atelier et jardinet, donnant d'un côté sur le cloître et de l'autre sur la campagne. Pour garder le silence, il n'y a aucun bruit, en particulier aucun moteur. Pour tondre les grands prés à l'intérieur de la clôture monastique, les moines avaient initialement utilisés des moutons, mais ceux-ci curieusement animaux diurnes bêlaient en fait nuit et jour, gênant l'atmosphère de prière. Ils ont été remplacés depuis par une race de vaches écossaises à long poil, supportant les basses températures de montagne, et particulièrement silencieuses nuit et jour. Pour conserver l'isolement, le repas est apporté une fois par jour par un frère, et déposé via un passe-plat dans chaque cellule. Les repas sont pris seuls, sauf celui du dimanche midi au réfectoire. Les moines ne sortent que pour se rendre à l'église pour les trois offices communs quotidiens. Plusieurs moines et moniales nous ont signalé que cette vie en solitude les rendait hyper-sensibles aux moindres gestes ou visages de leurs compagnons. L'activité quotidienne est rythmée par 5 prières en cellules, 2 messes, du travail communautaire ou physique le matin, un grand temps en lecture de textes sacrés et les repas. Il n'y a pas de petit déjeuner, mais un déjeuner et une collation vespérale 6 mois par an, et un seul repas à midi pendant le grand jeûne, du 14 septembre (fête de l'exaltation de la Croix) à Pâques. Les repas sont sans viande (pour des raisons anciennes d'économie) mais avec œufs et poissons, nombreux fruits, légumes et féculents, pain, sel (symbole de sagesse), peu de gras, du vin autorisé mais peu consommé et quasiment ni thé ni café, les tisanes de plantes pouvant être fournies à la demande par les frères férus en herboristerie. On trouve cependant mention dans les monastères Yéménites de l'usage du café pour veiller lors des prières nocturnes. Il n'y a ni radio, ni télévision, mais les moines peuvent lire certains journaux religieux. Les moines pensent que si ce mode de vie strict, frugal et silencieux a convenu pendant plus d'un millénaire à leurs prédécesseurs et leur a permis d'atteindre la contemplation, alors il doit leur convenir aussi.

Cet état de contemplation recherché, qui désigne les ordres contemplatifs et est le but final de toute cette organisation complexe des monastères, a fait l'objet de nombreux écrits religieux. Il ne nous est évidemment pas donné de pouvoir le comprendre ou l'expliquer ici. Tout au plus pouvons-nous relater ce que les moines nous en ont dit. Ils distinguent l'état de contemplation de celui de la méditation ou de la prière. La méditation désigne pour eux un exercice mental, par exemple celui autour d'une phrase telle que : « Le nom de Dieu réjouit le cœur de tous les

(Continued on page 9)

(Continued from page 8)

hommes ». Le moine réfléchit alors librement à toutes les associations de pensée autour du nom de Dieu, comment chaque homme, pays, religion, le nomme, puis comment les hommes s'en réjouissent. Cet exercice mental peut être un effort, fatigant mentalement. Pour expliquer l'état de contemplation, un moine nous explique : « je m'assois, regarde devant moi et me laisse baigner par l'amour de Dieu. » Cet état est vécu comme une totale plénitude, sans effort mental, le moine pouvant même s'endormir, et il se sent totalement régénéré ensuite. Il faut parfois plusieurs années d'entraînement monastique pour atteindre cet état.

Méthodes

Sujets

Le protocole a été accepté par le comité de protection des personnes Iles de France 06, et soumis pour accord au chef mondial de l'ordre étudié. Celui-ci a précisé l'intérêt de sa communauté pour la thématique de recherche, des problèmes de sommeil lui ayant été rapporté par plusieurs membres, et souhai-

tant en tirer des conclusions qui aident médicalement à résoudre certains troubles. Il a demandé que nous rencontrions les moines qui donneraient leur agrément à participer (après diffusion du protocole dans tous les casiers des moines), que les moniales de l'ordre soient aussi étudiées (il lui semblait qu'il y avait plus de plaintes liées au sommeil), que l'étude ait lieu en dehors de la période du Grand Jeûne (les moines étant plus fatigables) et de grandes fêtes telles que Pâques ou l'Assomption, et que le nom de l'ordre et des monastères étudiés restent confidentiels. Pouvaient être inclus les sujets adultes volontaires des deux sexes sans limite d'âge, ne prenant aucun médicament susceptible d'interférer avec les mesures de température, avec 5 hommes et 5 femmes. Un groupe de 10 témoins sains recrutés parmi les amis et proches et appariés un par un en âge et en sexe aux moines et moniales ont été étudiés pendant le même mois de l'étude (juillet). Tous les participants ont signé un agrément écrit pour l'étude.

Questionnaires

Les trois médecins spécialistes du sommeil (neurologue, psychiatre et pneumologue) ont eu un long entretien collectif (avec les moines participants

Tableau 1. Caractéristiques démographiques et constantes vitales des moines, moniales et sujets témoins.

	Moines	Témoins	P
N	10	10	1
Sexe, % hommes	50	50	1
Age, ans	53 ± 6,7 (38-67)	53,5 ± 6,3 (40-71)	0,88
Pression artérielle systolique, mm Hg	110 ± 10 (90-140)	117 ± 15 (90-160)	0,55
Pression artérielle diastolique, mm Hg	60 ± 9 (50-90)	72 ± 7 (60-90)	0,26
Fréquence cardiaque, battementpar min	70 ± 4 (60-80)	67 ± 5 (60-84)	0,95
Périmètre cervical, cm	33,5 ± 2,6 (29-40)	33,2 ± 1,9 (30-38)	0,75
Rapport taille/hanche, %	87 ± 4 (78-95)	79 ± 5 (71-92)	0,27
Index de masse corporelle, kg/m2	23,4 ± 3,3 (19,3-28,2)	23,4 ± 1,7 (21,3-26,3)	0,76
Masse grasse, %	22,6 ± 3,4 (12,9-30,7)	24,9 ± 4,2 (16,5-32,5)	0,43
Masse hydrique, %	53,5 ± 2,5 (47,4-60,4)	51,5 ± 2,8 (45,7-58,9)	0,46
Degré d'obésité, %	2,2 ± 9,4 (-12,3-28,3)	11,2 ± 4,8 (-3,3-19,4)	0,64
Métabolisme basal, kCal	1460 ± 207 (1049-2023)	1676 ± 152 (1251-1858)	0,88
Antécédents de			
Cancer, n	2	1	NS
Hypertension, n	1	1	NS
Diabète de type II, n	0	1	NS

Les valeurs sont des médianes± intervalle de confiance à 95% (minimum-maximum).

(Continued on page 10)

Tableau 2. Règles et horaires, inchangées depuis 1423, appliquées dans l'ordre étudié (jours ordinaires)

Heure	Nom	Description
00:15	Matines, suivies des Laudes	Office liturgique commun (Psaumes et lecture sacrée) de 2 à 3 h suivie d'une prière de l'aube en cellule (15 min)
02:30, 5 nuits/semaine		Deuxième période de sommeil
03: 30 h, 2 nuits/semaine		
06:45	Prime	Prière du matin
07:00	Messe individuelle	Messe en chapelle, de 45 min
08:00	Messe conventuelle	Messe commune d'une heure
09:00	Méditation des écritures	Méditation, contemplation, lecture sacrée
10:00	Tierce	Prière de mi-matinée
10:15		Etudes, travaux manuels, travaux pour la communauté
12:00	Sexte	Prière de midi
12:15		Déjeuner en cellule, détente sans sieste
14:00	None	Prière de milieu d'après-midi
14:15		Travaux manuels ou études
16:15	Vêpres	Office liturgique commun de soirée, 30 min
18:30		Repas léger en cellule
18:45	Complies	Prière du soir
19:30		Première période de sommeil

(Continued from page 9)

et leur supérieur) puis individuel (à trois reprises) avec chaque participant concernant les problèmes de santé, les habitudes et problèmes de sommeil, ainsi que les rêves et hallucinations. Tous ont rempli un long questionnaire incluant la qualité du sommeil par le Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse et al., 1989), la typologie soir-matin (Horne and Ostberg, 1976) et le score de somnolence d'Epworth (Johns, 1991), en clarifiant les items « télévision » et « dans une voiture », ces deux activités étant absentes chez les moines. Selon les valeurs normées françaises pour les sujets d'âge moyen, un score de moins de 53 indiquait des sujets du soir, de plus de 64 des sujets du matin, et entre 53 et 64 des sujets neutres (Taillard et al., 2004).

Investigations

Les sujets ont bénéficié d'un examen médical classique et de mesures de la pression artérielle, du pouls, de la taille et du poids, ce dernier par impédancemétrie pour mesurer les poids gras, musculaire, osseux et le métabolisme basal. Puis ils ont rempli un agenda veille sommeil et un agenda alimentaire pendant une semaine, et porté un actimètre de poignet qui mesure l'activité par accélérométrie chaque minute (Actiwatch-Mini, Cambridge Neurotechnology Ltd, GB) au poignet non dominant pendant une semaine. La température centrale a été mesurée sur un minimum de 48h (en fonction du temps de transit digestif) par gélule thermométrique ingérée (Vitalsense Ltd, GB) émettant une mesure chaque minute, recueillie par un capteur placé à la ceinture.

Statistiques

Étant donnée la petite taille de l'échantillon, les résultats sont fournis en médianes et intervalle de confiance à 95%. Les mesures quantitatives ont été comparées entre groupes par tests de Wilcoxon bilatéraux, les mesures catégorielles par test du chi-deux, avec une différence significative si inférieure à 0,05. Le rythme de température a été lissé par Chrono-Fit 1.06 (Zuther et al., 2009) comme des séries partielles de Fourier avec deux harmoniques (24 h et 12 h) pour une nuit s'étendant de 23 :00 à 6 :30 en Juillet. Les analyses statistiques ont été faites par le logiciel SAS 9.2 (SAS Institute) avec les valeurs obtenues par l'analyse du rythme et test de Wilcoxon.

Résultats

Sujets

Comme prévu par l'appariement un à un, le sexe et l'âge étaient similaires entre les deux groupes (Table 1). Leur examen physique était similaire à celui des témoins. Ils étaient en bonne santé. Les constantes vitales, facteurs de risque cardiovasculaires (poids, répartition des graisses, métabolisme basal, périmètre cervical, rapport taille sur hanche, pression artérielle, pouls, fréquence du diabète, hypertension) et fréquence du cancer étaient aussi similaires entre les deux groupes.

Horaires monastiques

(Continued on page 11)

(Continued from page 10)

La règle monastique est désignée sous le terme de coutume. Les moines suivaient cette coutume sans aucun jour d'interruption depuis une médiane de $26 \pm 9,3$ ans (5 à 46 ans). La majorité était entrée dans les Ordres à 20 ans. La coutume ultradienne suivie dans l'ordre étudié ici en Juillet, inchangée depuis 1423, est indiquée en Table 2. Cette coutume comporte 6 (lundi, mardi, mercredi, vendredi, samedi) à 7 heures (dimanche plus un jour de semaine de solennité qui varie selon un calendrier annuel) de prières et messes par jour, auxquelles il faut ajouter 2 à 3 heures quotidiennes de lecture, d'étude, de méditation et de contemplation.

Caractéristiques du sommeil

Les moines se couchaient bien plus tôt et se levaient un plus tôt que les témoins (Table 3). Ils tenaient à s'endormir plus lentement. Ils dormaient en moyenne une heure de moins par nuit. La qualité de leur sommeil était moins bonne que celles des témoins (plus de difficulté à s'endormir, efficacité de sommeil moindre, plus de fatigue au réveil, plus de plainte mnésique), bien qu'aucun ne prenne d'hypnotique. L'aspect typique et hautement reproductible entre les sujets du rythme activité repos par actigraphie d'une moniale et d'une personne témoin est indiqué en Figure 2.

Six moines ne se réveillaient jamais spontanément

pour les Matines, quatre s'éveillaient occasionnellement juste avant les Matines (et même trois, qui avaient été hospitalisés, rapportaient qu'ils s'étaient éveillés spontanément à minuit à l'hôpital), mais aucun n'était souvent éveillé spontanément pour les Matines. Ils utilisaient tous plusieurs réveille-matin (entre 2 et 6), avec parfois des systèmes mécaniques bricolés pour arriver à se réveiller. Ils rapportaient que, comme jeunes moines, il leur arrivait de se réveiller soudainement le cœur battant vers 23 h45, avant que le réveil ne sonne, avec le sentiment inquiet qu'ils avaient manqué la sonnerie. Le Père Supérieur leur recommandait de s'apaiser et ce réveil avait disparu avec les années. Le Père Maître, responsable des vocations, avait noté qu'il fallait en moyenne 6 mois pour que les jeunes moines s'habituent à cette coutume nocturne. Cependant, quatre des moines et moniales interrogés, tous des sujets du soir, avaient encore du mal à suivre la règle (d'où les six réveils différents), même après 20 à 46 ans de vie monastique. Après les Matines, les moines retournaient au lit entre 02:30 et 03:15. Il leur prenait alors 18 ± 23 minutes (de 0 à 120 min) pour retrouver le sommeil. Cette deuxième latence de sommeil n'était pas plus courte que la première de début de nuit, mais avec tout de même un grand écart intersujet ($p = 0,67$).

Rêves et hallucinations

Six moines avaient déjà eu des hallucinations

Tableau 3. Horaires et qualité du sommeil chez les moines et les témoins

	Moines	Témoins	P
Heure du coucher, h:min	20:05 ± 00:59*	00:00 ± 00:53	<0,0001
Heure de l'endormissement, h:min	06:27 ± 0:22*	07:37 ± 0:33	0,0001
Latence d'endormissement, min	17,5 ± 28,1	7,5 ± 2,5	0,08
Durée habituelle de sommeil, h	6,5 ± 0,6*	7,6 ± 0,7	0,05
Score de matinalité-vespéralité, 0-86	59,0 ± 9,3	48,5 ± 4,8	0,33
Typologie du soir, % avec	50	60	1,00
Score de somnolence d'Epworth, 0-24	8,0 ± 2,3	5,0 ± 2,6	0,18
Paralysie du sommeil, % avec	30%	30%	1,00
Hallucinations liées au sommeil	60%	10%	0,06
Cauchemars occasionnels	80%*	20%	0,02
Syndrome des jambes sans repos	30%	10%	0,58
Index de qualité du sommeil de Pittsburgh			
Score total	6,0 ± 2,1*	2,5 ± 0,9	0,003
Qualité subjective du sommeil	1,0 ± 0,8	0,0 ± 0,4	0,10
Latence d'endormissement	1,0 ± 0,8*	0,0 ± 0,2	0,03
Durée du sommeil	1,0 ± 0,0*	0,9 ± 0,0	0,05
Efficacité de sommeil	0,0 ± 0,3	0,0 ± 0,3	1,00
Troubles du sommeil	1,0 ± 0,3	1,0 ± 0,3	0,09
Usage d'hypnotique	0 ± 0	0,0 ± 0,2	0,34
Dysfonctionnement diurne	1,5 ± 0,5*	0,0 ± 0,3	0,001
Fatigue matinale	1,5 ± 0,7*	1,0 ± 0,3	0,01
Céphalées matinales	0,0 ± 0,3	1,0 ± 0,3	0,08
Plainte de mémoire	2,0 ± 0,7*	0,0 ± 0,3	0,02

* $p < 0,05$

(Continued on page 12)

Tableau 4. Cycle de température centrale du sommeil chez les moines et les témoins

(Continued from page 11)	Température centrale	Moines	Témoins	P	Tous les moines ré-vaient plus souvent après qu'avant Matines.
hypnagogiques ou hypnopompiques, légères à modérées :	Moyenne, °C	37,1 ± 0,09	37,2 ± 0,12	0,66	Tous avaient des conversations en rêve, rares (n=3), diffi-
pour 4, il s'agissait de façon hyp-	Maximum, °C	37,5 ± 0,18	37,3 ± 0,18	0,11	ciles à comprendre (n =2) ou fréquentes (n=5). Six des 10 moines disaient arriver à prier en rêve, quoi que cela soit très rare, alors que 2 ne rapportaient que des actes de piété sans réelle prière, et que 2 enfin n'étaient jamais moines en rêve.
nopompique d'entendre une sonnerie à la porte de la cellule, ou la sonnerie du réveil, ou qu'on leur touchait légèrement l'épaule, ou qu'ils se réveillaient en chantant mentalement des Psaumes. Pour deux moines, il s'agissait, de façon plus gênante, de la sensation désagréable d'une présence démoniaque proche, juste à l'endormissement après Matines. L'un d'eux combattait cette hallucination de présence en lui répétant trois fois « Dis le nom de Dieu ! », ce qui la faisait peu à peu disparaître. D'occasionnelles hallucinations hypnopompiques (à thématique non religieuse) étaient aussi rapportées par un des témoins. Les cauchemars occasionnels étaient plus fréquents chez les moines que chez les témoins : il pouvait s'agir de rêves démoniaques, mais aussi de tracassés liés à la vie en communauté, tels que des rêves dans lesquels l'office se passait mal, on ignorait la lecture prévue ou l'église devenait une arène.	Acrophase, h:min	16:50 ± 2:42	17:10 ± 2:00	1,00	
	Minimum, °C	36,5 ± 0,19	36,5 ± 0,18	0,66	
	Nadir, h:min	04:52 ± 2:00	04:61± 1:58	0,86	
	Amplitude des 24 h, °C	0,48±0,15	0,38±0,15	0,11	

difficiles à comprendre (n =2) ou fréquentes (n=5). Six des 10 moines disaient arriver à prier en rêve, quoi que cela soit très rare, alors que 2 ne rapportaient que des actes de piété sans réelle prière, et que 2 enfin n'étaient jamais moines en rêve.

Rythme circadien

Le score de matinalité-vespéralité des moines tendait à être plus élevé que celui des témoins. L'heure du premier coucher variait de 19:00 à 22:00, et la durée du premier sommeil variait de 2 à 5 heures. En entretien avec les 17 moines, plus qu'avec les différences intragroupes de score de matinalité (difficiles à interpréter dans ce mode de vie et sur ce petit échantillon), il est apparu clairement que les sujets du matin avaient un premier sommeil plus long que les autres moines. La moyenne, le maximum, le minimum, l'acrophase, le

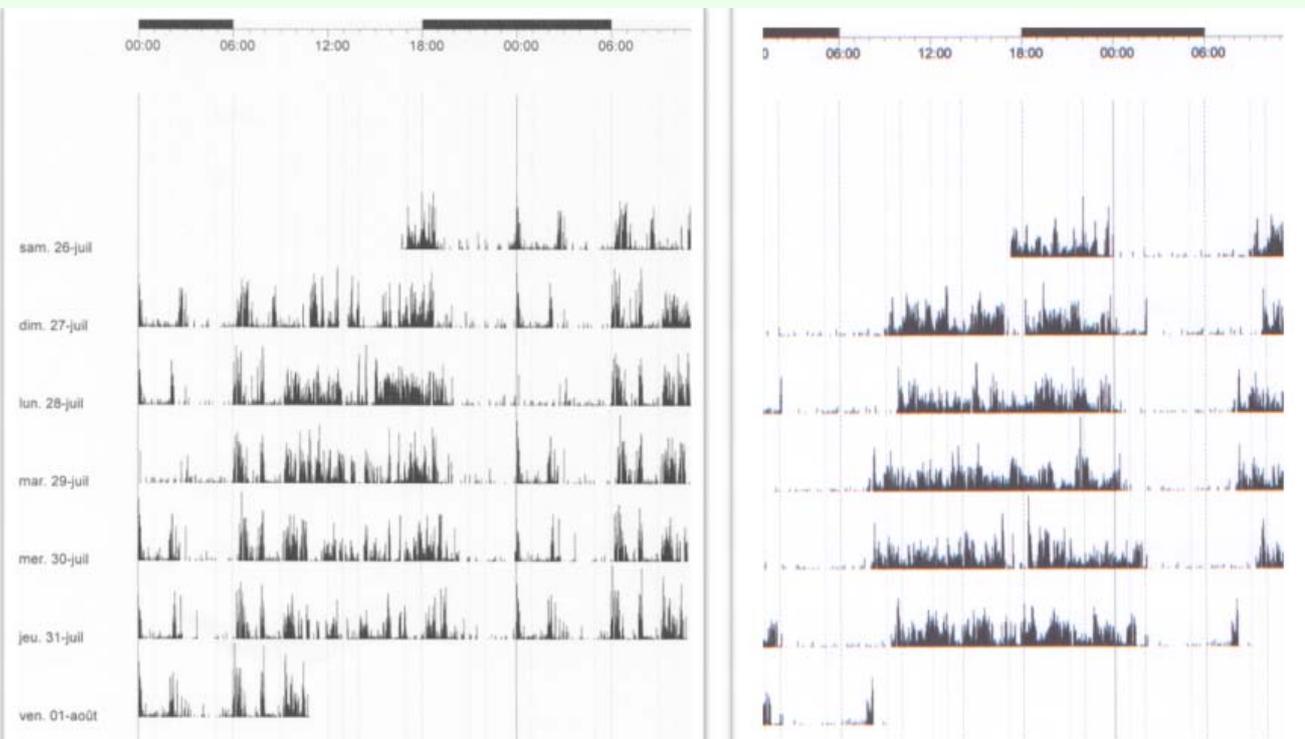


Figure 2. Rythme repos-activité par actimétrie sur une semaine chez une moniale (à gauche) et son témoin (à droite). On observe chez la moniale uniquement un coucher plus précoce (vers 19h 30) et deux épisodes de sommeil par nuit, entrecoupés d'un réveil à minuit pour Matines avec activité plus marquée (marche vers l'église) puis plus calme (office) puis plus marquée vers 02:30 (lundi, mardi, mercredi, vendredi et samedi) ou 03:30 (le jeudi, jour de solennité et le dimanche) correspondant au retour de l'église.

(Continued on page 13)

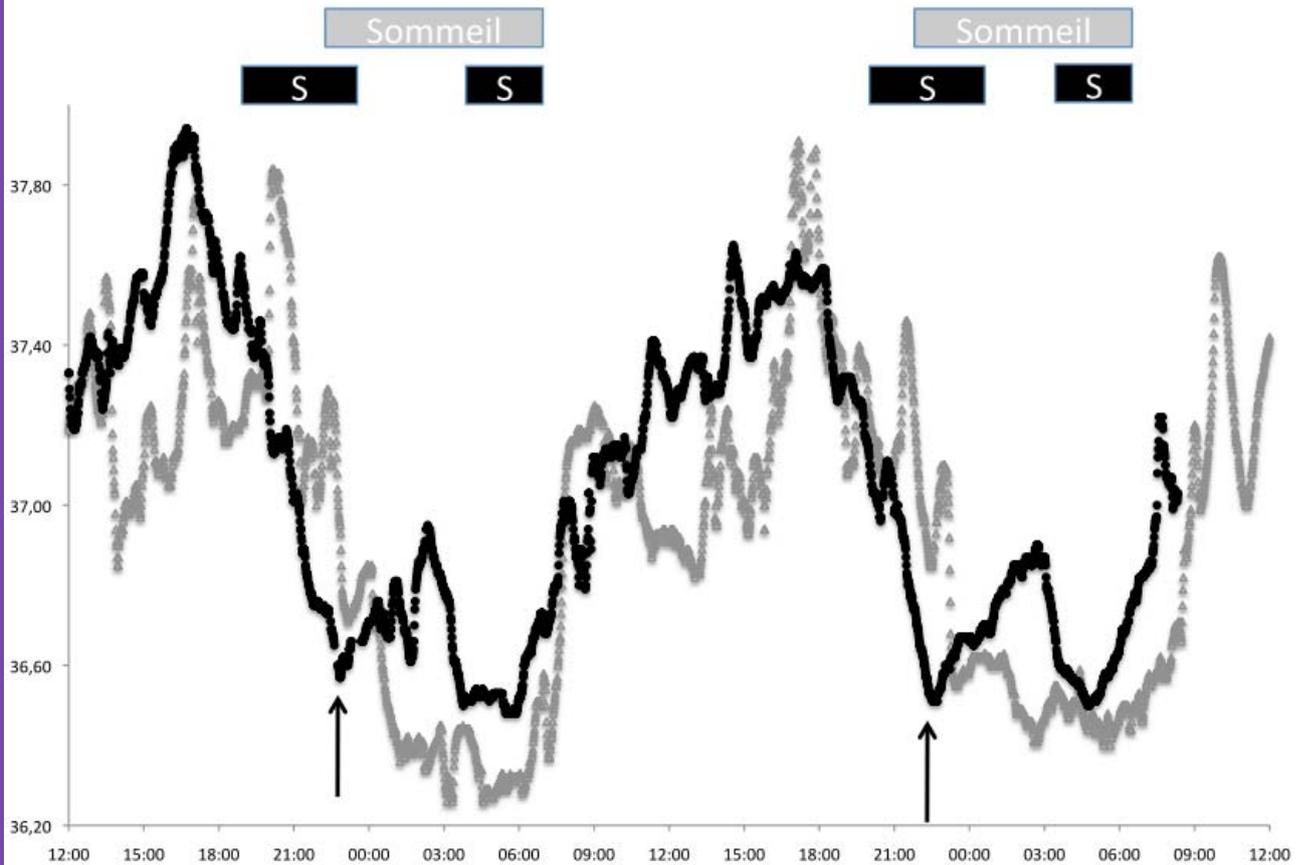


Figure 3. Température centrale (brute) mesurée pendant 48 h chez la même moniale (ronds noirs) et chez un témoin (triangles gris). Les périodes de sommeil (S) sont représentées en noir pour la moniale et en gris pour son témoin. On note chez la moniale uniquement une remontée de température vers 22:30 (flèche verticale) alors qu'elle est endormie, anticipant le réveil de Matines à minuit.

(Continued from page 12)

nadir et l'amplitude de température centrale des moines n'étaient pas différents de ceux des témoins (Table 4), quoi que le maximum et l'amplitude de température tendaient à être plus élevés chez les moines. Un profil de température nocturne biphasique était noté uniquement chez les moines (Figure 3), avec une première chute de température à 19:39 (± 270 min), un plateau ou une remontée de la température à 22:35 (± 23 min) alors qu'ils étaient tous endormis, durant 296 ± 39 min (202-360 min), suivis par une deuxième chute de température après les Matines (nadir à 05:38 h ± 53 min) puis une remontée matinale classique. Bien que tous les moines aient besoin d'un réveille-matin pour se réveiller aux Matines, la remontée de température anticipait ce réveil de 85 ± 15 min (42-110 min).

Discussion

Les moines contemplatifs étudiés ici suivent un rythme circadien comportant un sommeil coupé en deux depuis plus de 5 ans : ils s'endorment plus tôt, avec une latence plus grande et un sommeil plus court que les témoins, de moins bonne qualité, avec plus de fatigue diurne. Les hallucinations liées au

sommeil et les cauchemars occasionnels sont plus fréquents chez les moines. Leur rythme de température suit un profil biphasique, avec un plateau voire une remontée précoce alors qu'ils dorment, précédant le premier réveil pour les Matines (à minuit) de 85 minutes, alors qu'ils sont endormis. Malgré cela, ils ne parviennent pas à se réveiller spontanément. Ces résultats sont observés sur un petit nombre de sujets, ce qui limite leur portée. Il était difficile d'étudier plus de moines (sachant que plus de 30% de l'effectif de chaque monastère a participé), sachant que l'étude perturbait légèrement leur mode de vie, et que des techniques plus invasives (polysomnographie, profils hormonaux) auraient été certes intéressantes mais pénibles à supporter. Cependant, malgré le petit échantillon, certains résultats sont déjà largement significatifs en statistiques non paramétriques, suggérant que la différence est robuste.

Rythme de température

Si les marqueurs moyens de la température centrale (moyenne, amplitude, acrophase, nadir) ne diffèrent pas entre moines et témoins, seuls les moines présentent un profil nocturne de température bipha-

(Continued on page 14)

(Continued from page 13)

sique, apparaissant alors qu'ils sont encore endormis. Le profil circadien de la température (minimal au petit matin, maximal en fin d'après midi) est l'un des marqueurs principaux de l'horloge circadienne cérébrale (Czeisler et al., 1999). Les sujets normaux qui dorment d'un seul trait la nuit ont une baisse de température en fin d'après midi, qui précède et facilite l'endormissement et une remontée à partir de 04 :00 qui facilite le réveil matinal (Czeisler et al., 1980). Son horaire dépend de la typologie matin-soir des sujets (la chute et la remontée sont plus précoces chez les sujets du matin) (Baehr et al., 2000). Chez les moines, le début de la chute et le nadir de température sont similaires à ceux des témoins, mais il existe une remontée précoce, dès 22:30, de la température. Puisque cette remontée (ou ce plateau) surviennent alors que les moines sont encore endormis, ils ne peuvent en aucun cas être produits par l'activité physique. Et comme ils sont observés tous les jours, on peut supposer qu'ils sont prédéterminés. Cette heure et demi de plateau ou de remontée mime la remontée de fin de nuit, en moins profond. Or, la remontée de température de fin de nuit des sujets normaux est en phase avec la sécrétion d'hormones hypophysaires et surrénaliennes (Czeisler et al., 1980) : par exemple, l'hormone adrénocorticotrope (ACTH), qui stimule la sécrétion de cortisone, est sécrétée 90 à 180 min avant

l'heure de lever habituelle (Born et al., 1999). On peut donc imaginer que l'horloge interne des moines s'est modifiée avec le rythme des nuits coupées en deux, au point de devenir biphasique, comme leur sommeil est bi-circadien. Or, des sujets normaux placés brutalement sur un fuseau horaire plus tardif que leur fuseau habituel (par exemple en partant de France aux Etats Unis) mettent une à trois semaines à retarder leur profil de température, montrant que l'adaptation de l'horloge circadienne et la synchronisation entre eux de tous les rythmes (cortisol, température, appétit, sommeil) sont des processus lents. Ici, les moines suivent ce rythme non pas depuis trois semaines, mais depuis 5 à 46 ans sans interruption, ce qui devrait consolider durablement les rythmes de l'horloge. Il serait intéressant d'étudier les moines en noviciat, afin d'observer comment ce rythme se met en place. Il est possible qu'en plus de cette remontée précoce vers 22:30 de la température, d'autres rythmes (tels que celui du cortisol) soient aussi avancés, de manière à mettre à disposition pour les moines des réserves d'énergie et de glucose pour faciliter l'activité physique et mentale des Matines. Il faudrait pouvoir les mesurer.

Malgré ce changement fascinant de la courbe de température, la majorité des moines éprouve des difficultés pour s'éveiller spontanément à minuit pour les Matines. Ceci se traduit parfois par l'usage de nombreux réveils matin et de sonneries très fortes,

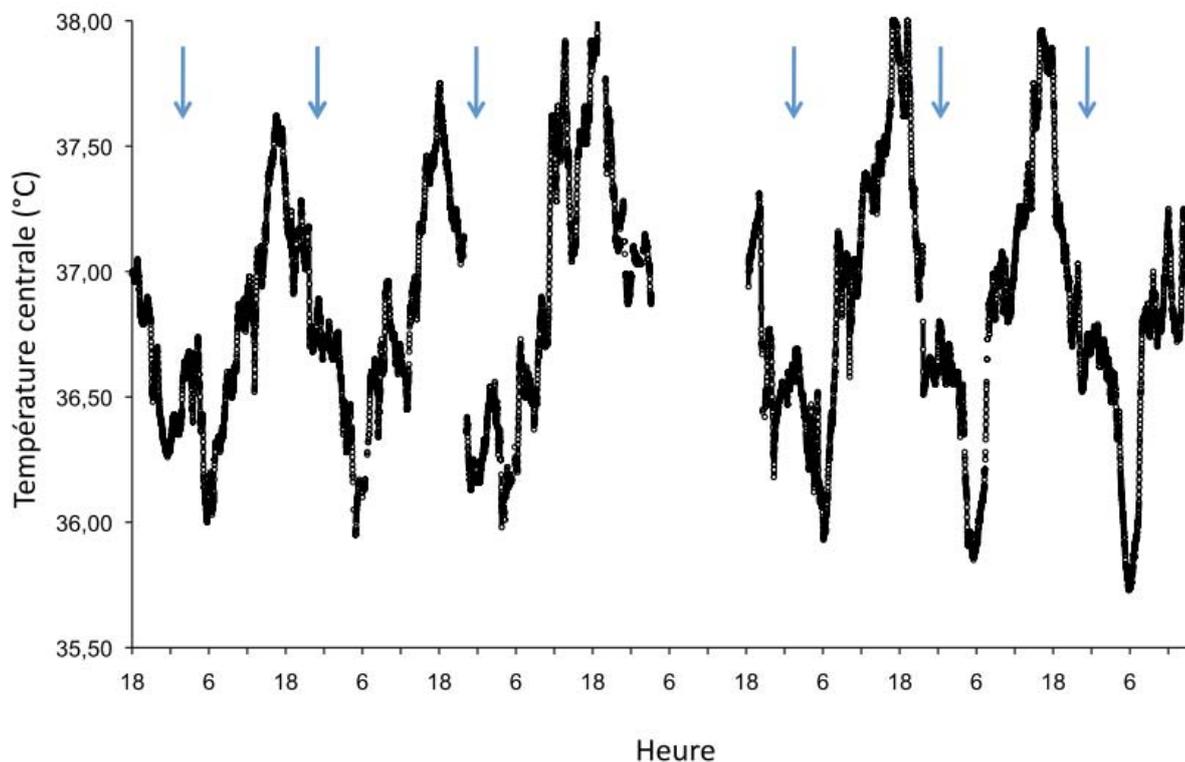


Figure 4. Température centrale (brute) mesurée pendant 7 jours chez un moine. Les flèches bleues indiquent les points de plateau voire de remontée de température au cours de la descente, vers 22:30, alors que le moine dort depuis 1h30, anticipant le réveil de Matines à minuit.

(Continued on page 15)

(Continued from page 14)

suggérant un seuil de réveil très élevé, et donc un sommeil très profond : les moines pourraient être en stade N3 (sommeil lent profond) ou en sommeil paradoxal, stades dans lesquels il est difficile de réveiller les sujets. Indépendamment du stade de sommeil, le seuil d'éveil aux stimuli sonores est plus élevé en début qu'en fin de nuit (Rechtschaffen et al., 1966). Si des sujets qui suivent un rythme de sommeil bi-circadien, depuis des décennies, avec une grande motivation et une modification biphasique de la température ne sont pas capables de se réveiller spontanément à minuit, cela suggère que l'horloge biologique humaine rencontre ici sa propre limite.

Sommeil

La règle monastique, avec le sommeil coupé en deux, joue sur la qualité du sommeil. A la différence des moniales avec une seule, courte période de sommeil, très efficace (Hoch et al., 1987), les moines de l'ordre étudié ici ont une plus faible efficacité de sommeil que les témoins. Du coup, même si la règle permet une période de repos au lit de 8,5 à 9 heures (sans désir d'ascétisme ou de restriction de sommeil), les moines ne dorment en médiane que 6,5 h, soit une heure de moins que les témoins. Ainsi, les moines avec typologie du soir ont toujours du mal à dormir suffisamment avant les Matines, même après des décennies de vie à ce rythme. Cette réduction du temps de sommeil pourrait être à l'origine de la sensation plus marquée de fatigue matinale et de mauvaise mémoire. Ceci dit, malgré un sommeil plus court, ces moines sont en bonne santé, sans hypertension ni obésité, alors que de nombreuses études épidémiologiques font le lien entre réduction des temps de sommeil, prise de poids, problèmes cardiovasculaires et longévité réduite. Au contraire, ces moines sont réputés pour vivre centenaires, et étaient déjà fréquemment octogénaires au 16^e siècle. Bien sûr, d'autres aspects de leur mode de vie, tels que leur frugalité et leur vie calme peuvent jouer sur le poids et la longévité. Une des moyens que nous avons conseillé pour contrer la fatigue diurne en cas de sommeil moins efficace est de pratiquer une sieste entre Sexte et None. Cette sieste, joliment nommée méridienne, est appliquée dans d'autres ordres, surtout l'été quand les nuits sont courtes. Une autre solution pour permettre aux moines du soir de s'endormir avant 22 :00 est d'avancer leur rythme par la prise de mélatonine tôt dans l'après midi (solution que nous avons proposée), et de baisser leur température interne par l'ingestion de boissons fraîches le soir et de tisanes fraîches contenant des plantes hypothermiantes.

Les hallucinations liées au sommeil des moines étaient plus fréquentes lors du 2^e sommeil, entre 03:00 et 04:00 à des heures qui sont habituellement associées à la survenue plus rapide (parfois même avec directement des endormissements en sommeil paradoxal, surtout si on manque de sommeil) et plus prolongée du sommeil paradoxal. Les

thématiques hallucinatoires (démoniaques, bruits de cellule, chants) semblent directement liées au monde religieux dans lequel les moines baignent. Cependant, nous avons déjà noté chez les laïcs des sensations de présence démoniaque lors d'endormissements directs en sommeil paradoxal chez de la narcolepsie ou de la maladie de Parkinson (Leu-Semenescu et al., 2011). Il faudrait évidemment bénéficier de polysomnographie pour vérifier cette hypothèse. Aussi, les moines parlent fréquemment en rêve et quasiment jamais en journée, du fait de leur vœu de silence. Cependant, ceci n'a rien de surprenant dans la mesure où de nombreuses actions non réalisées en journée le sont en rêve : les paraplégiques marchent en rêve (Saurat et al., 2011) et les patients amputés ont des membres complets, par exemple (Vetrugno et al., 2008). Par contre la prière, qui est l'une des activités les plus fréquentes en journée par les moines, est rare ou absente en rêve. Cependant, la prière en éveil requiert des processus cognitifs focalisés et complexes, mettant en jeu un réseau pariéto-frontal qui comporte le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex frontal dorsomédial et le cortex pariétal médial (Azari et al., 2001). De même, la perception de l'amour de Dieu est associée à une activation du gyrus frontal médian droit (Kapogiannisa et al., 2009). Toutes ces régions sont hypo-activées en sommeil paradoxal (Braun et al., 1998), et ceci pourrait rendre la vraie prière difficile en rêve (alors que les actes de piété ou la liturgie y sont présents). Finalement, les rêves des moines comprennent, comme chez tout volontaire sain, des éléments en continuité avec leur vie d'éveil (liturgie, démons, sonneries du monastères, chants) et d'autres en discontinuité (paroles nombreuses, peu de prière, parfois aucune vie de moine en rêve).

Finalement, ce curieux sommeil coupé de deux des moines rappelle les habitudes de sommeil au Moyen-Âge : il était courant alors chez les laïcs et les paysans de se coucher tôt (les bougies étaient chères et réservées aux riches), après le coucher de soleil, et de s'éveiller une à trois heures en milieu de nuit, sans conséquence désastreuse le lendemain, dans la mesure où la quantité de sommeil restait de 8 heures (Ekrieh, 2006). Surtout en hiver, quand l'obscurité durait 14 heures d'affilée, les adultes utilisaient ce mi-temps de la nuit pour vérifier que le feu et les issues de la maison étaient sécurisés, pour terminer des ouvrages, discuter entre époux, se rappeler de leur rêve, prier ou simplement réfléchir dans un état qu'ils nommaient joliment « la dorveille ». On trouve ainsi dans l'Europe pré-industrielle de nombreuses références au premier sommeil nommé « sommeil profond » et au deuxième sommeil, nommé « sommeil du matin » (Ekrieh, 2006). Le sommeil monophasique (et la fin des références dans les textes au sommeil fragmenté en deux) semble apparaître au 19^e siècle avec l'industrialisation et l'éclairage artificiel. Expérimentalement, quand des volontaires sains sont brusquement transférés d'une photopériode habituelle de 16 heures à une photopé-

(Continued on page 16)

(Continued from page 15)

riode de 10 heures (et 14 heures de nuit), leur sommeil devient biphasique, avec deux morceaux symétriques de plusieurs heures, l'un amarré au coucher et l'autre au lever final, et une période d'éveil intranuit de 1 à 3 h (Wehr, 1992). La sécrétion de mélatonine s'étend alors sur toute la période nocturne de 14 heures. Par contre, quand le régime passe de 8 h de nuit/16 h de lumière à 10/20, voire 12/24 (soit des journées artificielles non plus de 24 heures mais de 36 heures), l'efficacité de sommeil diminue, et des périodes d'éveil de fin de nuit se multiplient, conduisant à un réveil plus précoce (Webb and Agnew, 1975). En clinique du sommeil, ce rythme de sommeil en deux morceaux est observé dans le trouble du maintien du sommeil, une forme d'insomnie dans laquelle les patients s'endorment aisément, mais se réveillent brutalement et longuement après un à deux cycles de sommeil, sans parvenir à se rendormir avant les petites heures du matin, comme s'ils bénéficiaient bien en début de nuit de la pression homéostatique de sommeil, et en fin de nuit de la pression circadienne de sommeil, sans parvenir à joindre ces deux morceaux. Il serait intéressant de mesurer la température interne de ces sujets insomniaques, afin de voir si, avec le temps, ils n'ont pas développé une remontée trop précoce (et biphasique) de la température qui conditionnerait à force ce long éveil intranuit. On peut aussi, d'un point de vue cognitivo-comportemental, prendre à témoin le type de sommeil des moines ici, ou des paysans du Moyen-âge, pour leur conseiller de mettre à profit leur veille intra-sommeil (lecture, réflexion, prière) sans risque de conséquence diurne majeure ni longévité réduite. Ceci pourrait apaiser leur angoisse et faciliter le ré-endorment.

En conclusion, cette étude montre surtout que l'horloge humaine est capable de s'adapter au moins partiellement aux nuits coupées en deux en longue photopériode en passant en profil circadien biphasique. Elle permet aussi d'avoir un regard direct sur des coutumes médiévales toujours en vigueur, et sur l'histoire du temps et de la nuit dans l'Europe ancienne.

Références

- Ardo seu Smaragdus. (1844). Vita sancti Benedicti Anianensis. *Patrologiae latinae cursus completus*, PL 103: 52.
- Arnoux P. (2000). Abbayes et monastères : principaux ordres monastiques et religieux des origines au XX^e siècle. Le Caneet: TSH.
- Azari N, Nickel J, Wunderlich G, Niedeggen M, Hefter H, Tellmann L, et al. (2001). Neural correlates of religious experience. *Eur J Neurosci*, 13: 1649-52.
- Baehr E, Revelle W, Eastman C. (2000). Individual differences in the phase and amplitude of the human circadian temperature rhythm: with an emphasis on morningness-eveningness. *J Sleep Res*, 9: 117-27.

Bède le vénérable (saint). (1844). *Libellus de mensura horologii. Patrologiae latinae cursus completus* PL 90: 953.

Biarne J. (1981). [The time of the monk, from the first monastic rules in Occident, IV-VI^e centuries]. In: Centre National de la Recherche Scientifique, editor. [Christian time from antiquity to middle-age. III-XIII^e centuries]. p. 99-128.

Born J, Hansen K, Marshall L, Molle M, Fehm H. (1999). Timing the end of nocturnal sleep. *Nature*, 397: 29.

Braun AR, Balkin TJ, Wesensten NJ, Gwady F, Carson RE, Varga M, et al. (1998). Dissociated pattern of activity in visual cortices and their projections during human rapid eye movement sleep. *Science*, 279: 91-5.

Buyse D, Reynolds CI, Monk T, Berman S, Kupfer D. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res*, 28: 193-213.

Czeisler C, Duffy J, Shanahan T, Brown E, Mitchell J, Rimmer D, et al. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284: 2177-81.

Czeisler C, Weitzman E, Moore-Ede M, Zimmerman J, Knauer RS-. (1980). Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. *Science*, 210: 1264-7.

Dohm-Van Rossum G. (1996). *History of the hour: clock and modern temporal orders*. Chicago: University of Chicago Press.

Dom Regnault L. (1981). *Les sentences des Pères du désert*. Solesmes: 25.

Duchet-Suchaux G, Duchet-Suchaux M. (2006). *Les ordres religieux*. France: Flammarion.

Ekrich A. (2006). *At day's close: Night in times past*. New York, London: Norton, WW.

Gain B. (1989). *Sommeil et vie spirituelle*. Dictionnaire de la spiritualité. Paris: Beauchesnes. p. 1034-41.

Gerhards A. (1998). *Dictionnaire historique des ordres religieux*. Poitiers: Fayard.

Guillaumont A. (1979). *Aux origines du monachisme chrétien. Pour une phénoménologie du monachisme*. Bégrolles-en-Mauges: Abbaye de Bellefontaine.

Hoch CC, Reynolds CF, 3rd, Kupfer DJ, Houck PR, Berman SR, Stack JA. (1987). The superior sleep of healthy elderly nuns. *Int J Aging Hum Dev*, 25: 1-9.

Horne J, Ostberg O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol*, 4: 97-110.

Jane L. (1910). *The chronicle of Jocelin of Brakelond, monk of St. Edmundsbury: a picture of monastic and social life on the XIIth century*. : Londo, Chatto and Windus.

Jean-Cassien (saint). (1965). *Institutions cénobitiques; texte latin revu par Jean-Claude Guy, SJ*. Sources chrétiennes, 109: 111-3.

Johns MH. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14: 540-5.

(Continued on page 17)

(Continued from page 16)

Kapogiannisa D, Barbeya A, Sua M, Zambonia G, Kruegera F, Grafmana J. (2009). Cognitive and neural foundations of religious belief. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106: 4876-81.

Lanfranc. (1844). *Decreta pro Ordine Sancti Benedicti, caput primum, sectio 1. Patrologiae latinae cursus completus*, PL 150: 447.

Laporte MC. (1965). *Aux Sources de la vie cartusienne. Grande Chartreuse*.

Leu-Semenescu S, De Cock VC, Le Masson VD, Debs R, Lavault S, Roze E, et al. (2011). Hallucinations in narcolepsy with and without cataplexy: contrasts with Parkinson's disease. *Sleep Med*, 12: 497-504.

Niaussat M, Thomas F. (2000). *Sur les chemins de Cîteaux. Moines cisterciens en terre de France*. Paris: Ouest-France

Pierre Damien (saint). (1844). *Opusculum XV de suae congregationis institutis, ad Stephanum monachum, caput 17 Patrologiae latinae cursus completus*, PL 145: 349.

Rechtschaffen A, Hauri P, Zeitlin M. (1966). Auditory awakening thresholds in REM and NREM sleep stages. *Percept Mot Skills*, 22: 927-42.

Saurat MT, Agbakou M, Attigui P, Golmard JL, Arnulf I. (2011). Walking dreams in congenital and acquired paraplegia. *Conscious Cogn*, 20: 1425-32.

Taillard J, Philip P, Chastang JF, Bioulac B. (2004). Validation of Horne and Ostberg morningness-eveningness questionnaire in a middle-aged population of French workers. *J Biol Rhythms*, 19: 76-86.

Uldaric. (1844). *Antiquiores consuetudines Cluniacensis monasterii, Liber primus, caput 3 et 4. Patrologiae latinae cursus completus*, PL 149: 646-7.

Uldaric. (1844). *Antiquiores consuetudines Cluniacensis monasterii, liber primus, caput 41. Patrologiae latinae cursus completus*, PL 149: 687.

Vetrugno R, Arnulf I, Montagna P. (2008). Disappearance of "phantom limb" and amputated arm usage during dreaming in REM sleep behaviour disorder. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 79: 481-3.

Webb WB, Agnew HW, Jr. (1975). Sleep efficiency for sleep-wake cycles of varied length. *Psychophysiology*, 12: 637-41.

Wehr TA. (1992). In short photoperiods, human sleep is biphasic. *J Sleep Res*, 1: 103-7.

Zuther P, Gorbey S, Lemmer B. *Chronos-Fit 1.06*. 2009 [cited; Available from: <http://www.ma.uni-heidelberg.de/inst/phar/lehre/chrono.html>]



Étienne Jaurat (1699-1768) : moines chartreux en méditation

La chronobiologie chez les animaux marins. Bilan et perspectives en éthologie marine et écotoxicologie.

Audrey MAT¹, Jean-Charles MASSABUAU^{1,2} et Damien TRAN^{1,2*}

¹Université Bordeaux, EPOC, UMR 5805, F-33120 Arcachon, France.

²CNRS, EPOC, UMR 5805, F-33120 Arcachon, France.

Laboratoire EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux), équipe
Ecotoxicologie Aquatique.

* Email: d.tran@epoc.u-bordeaux1.fr

Résumé

Les rythmes biologiques permettent aux organismes de mesurer le temps et d'anticiper les changements cycliques de leur environnement. Si les espèces terrestres sont essentiellement soumises au cycle solaire d'alternance jour/nuit, les espèces marines occupent un environnement beaucoup plus complexe, fortement influencé également par plusieurs cycles lunaires parmi lesquels la marée. La diversité des cycles biologiques qui modèlent l'environnement marin se reflète dans les rythmes exprimés par les organismes qui y vivent. La chronobiologie marine a pourtant bénéficié d'une attention bien moindre que celle des organismes terrestres. A ce jour, les études dans le domaine portent majoritairement sur l'observation de paramètres comportementaux et trois théories ont principalement été proposées pour expliquer les rythmes biologiques des organismes marins. Ces théories se basent sur l'existence d'horloge(s) circatidale, circadienne ou circalunidienne. Actuellement, les mécanismes moléculaires sous-tendant l'activité rythmique des espèces marines ne sont toutefois pas connus. Le présent article décrit brièvement l'état des connaissances actuel en chronobiologie marine et les principales théories dans le domaine. Par ailleurs, il en présente les enjeux et les intérêts, d'une part pour la compréhension fondamentale de l'évolution des horloges au cours du temps, de l'éthologie marine et de la physiologie des organismes aquatiques et d'autre part en tant qu'outil original qui pourrait être appliqué à la surveillance du milieu. Finalement, il résume une partie des travaux d'une thèse portant sur les rythmes de l'huître *Crassostrea gigas* soutenue récemment à la Station Marine d'Arcachon (Mat, 2012).

Introduction

La chronobiologie s'est considérablement développée au cours du 20^e siècle et le foisonnement scientifique ne tarit pas. Pour autant, ce sont essentiellement les espèces terrestres qui ont suscité et suscitent encore l'attention des scientifiques. L'organisation temporelle de la biologie chez la drosophile, le rat ou l'homme a été intensivement étudiée et l'analyse de ces différents modèles a révélé une organisation moléculaire complexe, basée sur des gènes oscillants et des boucles de rétro-contrôle (Roenneberg et Mellow, 2005). Le poisson zèbre, espèce d'eau douce, figure aujourd'hui également parmi les modèles de choix en chronobiologie pour l'étude du rythme circadien. Les espèces marines quant à elles ont bénéficié d'une attention bien moindre. Pourtant, elles représentent une part importante de la biodiversité de notre planète. Par ailleurs, elles occupent un environnement cyclique complexe profondément soumis tant au cycle solaire qu'aux cycles lunaires (Tessmar-Raible et al., 2011).

Le jour solaire et le jour lunaire...

La terre réalise autour de son axe une révolution

complète par rapport au soleil en 24h, ce qui définit le jour solaire. La lune étant en orbite autour de la terre, la terre réalise autour de son axe une rotation complète par rapport à la lune en 24.8h. Cela définit le jour lunaire (Naylor, 2010). Cette distinction est importante pour les espèces marines, qui subissent à la fois l'alternance jour/nuit mais aussi le rythme des marées dit tidal. Les marées désignent le mouvement oscillatoire du niveau des eaux, mouvement produit par les effets de la lune et du soleil sur notre planète. Le rythme tidal a une période de 12.4h dans les zones soumises à un régime de marée semi-diurne. Ce régime de marée est celui qui agit dans les océans Atlantique et Indien et sur de nombreuses côtes du Pacifique (www.shom.fr).

La zone où l'influence des marées est la plus extrême est la zone intertidale, qui constitue un biotope extrêmement changeant. Cette zone désigne l'estran, soit la zone qui est alternativement découverte et inondée par la marée. Les organismes qui y vivent subissent donc, à chaque marée haute et chaque marée basse, une exposition à l'eau puis à l'air. Ce

(Suite page 19)

(Suite de la page 18)

cycle s'accompagne de variations profondes du milieu, et différents éléments se sont avérés être des synchroniseurs de la marée : la salinité, les variations de courant, de pression, de nourriture, de température, etc. (Abello et al., 1991 ; Akiyama, 1997 ; Chabot et al., 2008 ; Klapow, 1972 ; Reid and Naylor, 1989 ; Taylor and Naylor, 1977 ; Warman and Naylor, 1995 ; Williams and Naylor, 1969 ; Williams and Pilditch, 1997). L'influence des marées ne se limite toutefois pas à la zone intertidale mais affecte profondément les zones littorales au sens large. Par ailleurs, d'autres cycles lunaires ont une empreinte sur l'environnement marin : le cycle synodique (29.5 jours), liés aux phases de la lune, ou le cycle semi-lunaire (14.8 jours) par exemple (Tessmar-Raible et al., 2011).

Une grande variété de rythmes chez les organismes marins

Il n'est dès lors pas étonnant que les différents cycles qui rythment l'environnement marin se retrouvent au niveau des cycles d'activités des espèces qui y vivent.

A titre d'exemple, un cycle journalier d'activité valvaire a été décrit en condition subtidale chez le bivalve *Pinna nobilis* (Garcia-March et al., 2008). Des corrélations ont été analysées entre le cycle des marées et la croissance de la coquille pour différents coquillages tels que la palourde *Ruditapes philippinarum* (Poulain et al., 2011) et l'huître *Crassostrea gigas* (Higuera-Ruiz et Elorza, 2009). Les cycles lunaire et semi-lunaire influencent également les organismes marins, que ce soit au niveau du comportement ou de la reproduction. Ils ont été décrits pour différents espèces de crustacés et de polychètes (Naylor, 2001 ; Palmer, 1995). Dans les conditions contrôlées du laboratoire, différents cycles d'activités ont également été rapportés dans la littérature. Les rythmes circadien et circatidal ont été observés chez le crabe *Carcinus meanas* (Reid et Naylor, 1989 ; Naylor, 2010). Le labre canari *Halichoeres chrysus*, un poisson tropical, présente une activité locomotrice journalière au laboratoire, tant en conditions d'entraînement que de free-running (Gerkema et al., 2000). Pour la loquette d'Europe *Zoarces viviparus*, un poisson également, ce sont à la fois des rythmes d'activité circatidal, circadien et semi-lunaire qui ont été rapportés en conditions constantes (Cummings et Morgan, 2001). Pour le vers *Nereis virens*, le rythme d'émergence/enfouissement peut être circatidal ou circadien/circalunien (Last et al., 2009). En conditions constantes toujours, la palourde *Austrovenus stutchburyi* présente un rythme circatidal d'activité valvaire et d'extension des siphons (Beentjes et Williams, 1986).

Ces exemples, non exhaustifs, indiquent clairement que les rythmes biologiques qui animent les organismes marins sont multiples et complexes. Quelle(s) serai(en)t les horloge(s) sous-jacentes ?

Les théories en chronobiologie marine

Trois théories ont été proposées pour expliquer les rythmes rapportés chez les organismes marins (Figure 1).

La première propose que soient présentes à la fois une horloge circadienne et une horloge circatidale chez les espèces marines. Le rythme observé résulterait de l'interaction de ces deux horloges. Cette théorie a surtout été élaborée suite aux résultats obtenus sur les crabes. L'argument principal est l'observation en conditions constantes d'un rythme complexe qui peut être décomposé en deux éléments, un rythme circatidal et un rythme circadien (Naylor, 1958, 2010 ; Webb, 1976).

La seconde théorie a été formulée par John D. Palmer. Il suggère l'existence de deux oscillateurs circalunidiens, c'est-à-dire ayant une période de 24.8h, couplés en anti-phase. Chaque pic tidal d'un jour lunaire serait donc contrôlé par sa propre horloge. Cela expliquerait que les pics tidaux d'activité puissent se comporter de manière différente, ce qui a en effet été rapporté dans plusieurs études (pics ayant des périodes différentes, un pic sur deux peut parfois disparaître ou se décomposer,...). Palmer estime que les marées sont trop erratiques pour que la sélection naturelle ait pu sélectionner une horloge tidale et juge que la sélection d'une horloge de période 12.4h et d'une horloge fonctionnant en 24.8h représente justement « l'antithèse » de la sélection naturelle. Il considère en revanche que les horloges circadienne et circalunienne étant fort proches, l'une aurait pu évoluer à partir de l'autre en modifiant sa sensibilité à l'un ou l'autre synchroniseur environnemental. Toutefois, le fonctionnement de ces oscillateurs au niveau de l'entraînement est assez énigmatique (Palmer, 1995, 1997, 2000).

Si ces deux théories constituent les grandes écoles qui dominent en chronobiologie marine, une troisième hypothèse a été proposée, par James Enright (1976) et R.N. Gibson (1973). L'horloge des espèces marines serait circadienne par nature mais pourrait être entraînée à une fréquence tidale par un ou des zeitgebers de la marée. Ils formulent leur hypothèse, séparément, en remarquant que le rythme de l'isopode *Excirolana chiltoni* et de la plie *Pleuronectes platessa* respectivement sont circadiens en conditions constantes. De plus, Enright observe une courbe de réponse de phase bimodale par cycle circadien, comprenant deux intervalles de temps durant lesquels l'application de brefs stimuli provoque une avance de phase et deux autres intervalles pendant lesquels le stimulus induit un retard de phase. Cette courbe bimodale n'apparaît adaptative à Enright que dans le cadre d'une synchronisation tidale semi-diurne d'un rythme circadien, où chaque marée peut resynchroniser l'horloge interne (Enright, 1976).

Ces théories reposent essentiellement sur l'obser-

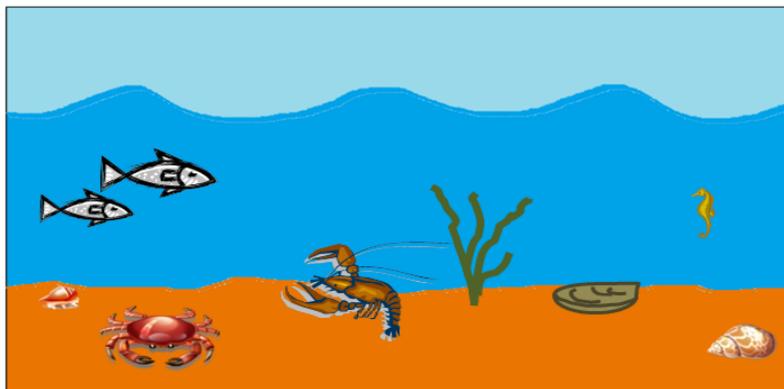
(Suite page 20)

(Suite de la page 19)
 vation de rythmes à l'échelle systémique et les mécanismes moléculaires de(s) l'horloge(s) sont à ce jour inconnus. Jusqu'à présent, aucun gène tidal ou luni-dien n'a été mis en évidence. Et l'étude des mécanismes de l'horloge chez les organismes marins est peu ou pas abordée. Seule une oscillation circadienne du gène *cryptochrome* (*cry*) a été rapportée dans les branchies chez la moule *Mytilus californianus* in situ et en condition d'entraînement par des cycles de marée simulés (Connor et Gracey, 2011).

Obstacles et enjeux

Les rythmes des espèces marines sont ardues à étudier. Tout d'abord, la multiplicité des cycles environnementaux qui régissent le littoral induit une activité biologique complexe à décortiquer. Par ailleurs, s'ils sont robustes *in situ* ou en conditions d'entraînement, ces rythmes sont généralement bruités et la-

biles dans les conditions constantes du laboratoire. Ce point est vraiment une caractéristique forte en chronobiologie marine (Cummings et Morgan, 2001 ; Last et al., 2009 ; Morgan, 1991 ; Palmer, 1995). Par ailleurs, la reproduction des espèces est, pour beaucoup d'entre elles, difficile à maîtriser et ne permet pas de travailler avec des lignées. On observe donc toute l'hétérogénéité du vivant lors de l'expérimentation. Finalement, pour la plupart des organismes, les gènes de l'horloge n'ont pas été clonés et le génome n'est pas disponible. L'approche moléculaire en est véritablement à ses prémices en chronobiologie marine. Cette approche présente pourtant un intérêt essentiel pour éclaircir les mécanismes de(s) l'horloge(s) chez les espèces marines. La compréhension de ces mécanismes dépasse le cadre de la chronobiologie marine. Les espèces marines ont, d'un point de vue évolutif, précédé les organismes terrestres. Le débat concernant l'évolution des horloges actuellement connues chez les proca-



Horloge(s) ?

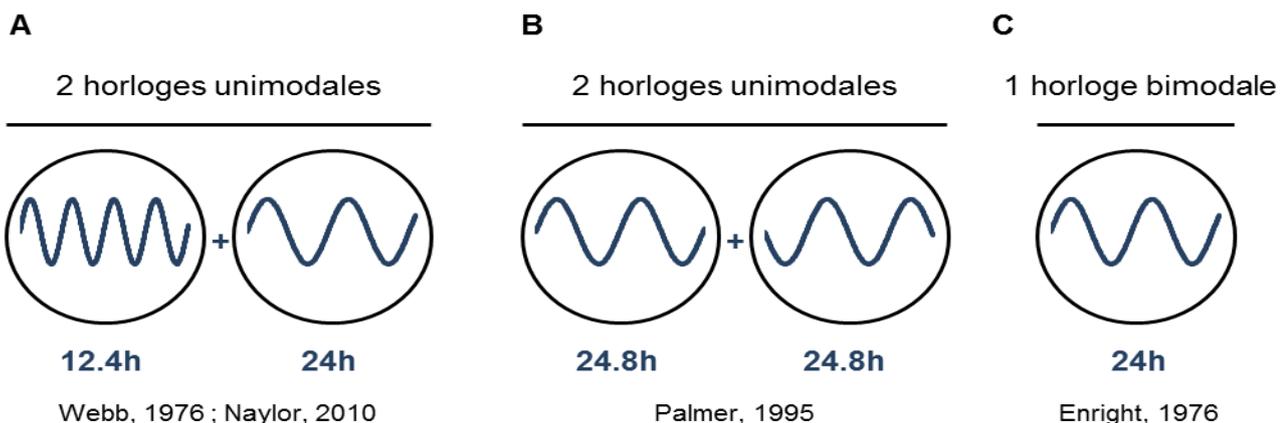


Figure 1 : Trois théories ont été proposées pour expliquer les rythmes des organismes marins. (A) La théorie de Webb et Naylor (Naylor, 2010 ; Webb 1976) envisage l'existence de deux horloges, l'une circadienne, l'autre circatidale. (B) La théorie de Palmer (1995) suggère l'existence de deux horloges circalunidiennes couplées en antiphasse. (C) L'hypothèse d'Enright (1976) propose que le rythme tidal soit généré par l'horloge circadienne.

(Suite page 21)

(Suite de la page 20)

ryotes et les eucaryotes, à partir d'un ancêtre commun ou séparément, n'est pas tranché (Young et Kay, 2001). La question a aussi été posée de savoir si l'horloge circadienne aurait pu évoluer d'une horloge circatidale préexistante (Wilcockson et Zhang, 2008). Les recherches en chronobiologie marine s'avèrent donc cruciales pour comprendre l'évolution des rythmes biologiques du vivant.

La chronobiologie, un outil fondamental appliqué à l'environnement

La chronobiologie marine présente également plusieurs intérêts en environnement. Le premier est un aspect fondamental en éthologie: comprendre les principes de base qui sous-tendent le comportement rythmique *in situ* des espèces marines, en travaillant depuis l'échelle systémique jusqu'aux mécanismes moléculaires sous-jacents. Un deuxième intérêt est l'application de la chronobiologie à l'écotoxicologie. On sait aujourd'hui que les rythmes de l'homme sont sensibles à de nombreux xénobiotiques. Les traitements anti-cancéreux, par exemple, peuvent perturber le rythme circadien de l'être humain (Levi et al., 2010). Cette approche peut, de manière similaire, se révéler opportune en environnement. A l'échelle mondiale, la qualité des eaux a fortement évolué et les océans constituent le réceptacle final des pollutions terrestres et aquatiques. L'écotoxicologie cherche à déterminer l'impact des contaminations sur les écosystèmes. De nombreux aspects de ces pollutions sont aujourd'hui encore inconnus, et l'un d'eux est l'impact possible sur les rythmes biologiques des organismes. Y a-t-il un effet sur leur activité rythmique ? L'étude des rythmes biologiques peut-elle permettre une évaluation fine et précoce d'une contamination de l'environnement marin ? A la Station Marine d'Arcachon, au sein de l'UMR 5805 EPOC et plus précisément de l'équipe Ecotoxicologie Aquatique, on travaille sur l'écophysiologie et l'écotoxicologie des animaux aquatiques. On ne s'intéresse pas à la toxicité aiguë, qui considère de fortes doses de polluants létales à court terme, mais aux faibles concentrations qui à moyen ou long terme entraînent des perturbations physiologiques de l'organisme. C'est dans ce contexte que s'est situé initialement notre approche de la chronobiologie. On a fait l'hypothèse que des contaminants pouvaient perturber l'expression des rythmes biologiques chez les animaux aquatiques. On a travaillé avec l'huître *Crassostrea gigas*. D'abord parce que les bivalves constituent des organismes intéressants et largement utilisés en écotoxicologie. En effet, l'huître *C. gigas* appartient aux bivalves filtreurs : elle respire et s'alimente via l'eau qu'elle filtre entre ses valves. Elle va donc potentiellement accumuler les contaminants contenus dans le milieu. De plus, étant sessile, l'huître est pleinement



Figure 2 : Huître équipée de deux électrodes légères.

représentative d'un site donné et de la qualité de l'eau dans laquelle elle baigne. Finalement, en étant la première espèce cultivée au niveau national et mondial, l'huître *C. gigas* représente aussi un enjeu tout à fait essentiel en aquaculture (www.fao.org).

L'étude du comportement des bivalves par valvométrie HFNI

A la Station Marine d'Arcachon, on dispose d'un outil développé et fabriqué au sein de l'équipe depuis 1997 pour l'étude du comportement des bivalves au laboratoire et sur le terrain proche ou lointain. L'activité val-

vaire ou d'ouverture et de fermeture des valves est mesurée par valvométrie Haute Fréquence Non Invasive. Ce matériel analytique original permet d'acquérir et d'enregistrer de grandes quantités de données éthologiques sur les bivalves sur le long terme. Ce système a été mis au point pour diminuer voire éliminer le stress potentiel généré par le dispositif sur l'animal. Le dispositif comprend deux électrodes très légères (poids nu de la partie active, 54 mg ; poids enrobés jusqu'à 1 g), l'une émettrice l'autre réceptrice, collées en vis-à-vis sur les valves de l'animal (Figure 2). Le principe est une application de la loi de Maxwell :

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\partial \Phi_B}{\partial t}$$

où ε désigne la force électromagnétique (volt), N le nombre de tours de la bobine, Φ_B le flux magnétique (Weber) et t le temps (seconde). La distance entre les bobines, donc l'écartement valvaire, est indépendant de la physico-chimie de l'eau. Au laboratoire, le signal est récupéré par une installation électronique reliée à une station de travail permettant l'acquisition et l'enregistrement des données. Sur le terrain, les données sont transférées quotidiennement via le réseau de téléphonie mobile vers un ordinateur. Les enregistrements sont ensuite traités à l'aide d'une application logicielle développée sous Labview (National Instruments) au sein du laboratoire. La fréquence d'échantillonnage est généralement 0.6 Hz par individu.

Les rythmes biologiques de l'huître *Crassostrea gigas*

Il y a actuellement très peu d'études portant sur la chronobiologie des bivalves. Pour l'huître *C. gigas*, Tran et al. (2011) ont décrit un cycle tidal d'activité valvaire chez des animaux étudiés en condition subtidale, soit immergés en permanence : les huîtres tendent à fermer leur valves lors des étales de marée basse, exprimant ainsi par jour lunaire deux périodes principales de fermeture des valves. Ce cycle tidal est

(Suite page 22)

(Suite de la page 21)

modulé par les cycles lunaires synodique (29.5 jours) et anomalistique (27.6 jours) : les durées d'ouverture valvaire les plus importantes se produisent lors des marées d'amplitudes les plus élevées. Par ailleurs, une composante journalière, plus faible, se superpose à ce cycle tidal.

On a dès lors d'abord cherché à répondre à la question suivante : le rythme circadien, prédominant chez les espèces terrestres et d'eau douce, existe-t-il chez l'huître *Crassostrea gigas* ? Et, s'il existe, comment se caractérise-t-il ? Pour ce faire, on a placé des huîtres en conditions d'entraînement et de libre cours au laboratoire et analysé leur comportement. On a également comparé le comportement observé expérimentalement à celui exprimé par les animaux sur le terrain. Ces travaux nous ont effectivement permis de mettre en évidence un rythme d'activité valvaire circadien au laboratoire. Dans un premier temps, *C. gigas* présentait un rythme d'activité journalier en conditions d'entraînement L:D 12:12. Ensuite, en conditions constantes (D:D ou L:L), la période la plus fréquemment exprimée par nos animaux était circadienne. On a pu caractériser ce rythme comme relevant d'un oscillateur faible : les huîtres présentaient une grande variabilité inter-individuelle et répondaient immédiatement à un décalage de l'entraînement lumineux. Par ailleurs, l'huître ne déroge pas à la règle en ce qui concerne la labilité des rythmes des espèces marines : en conditions constantes, son rythme persistait de manière plus ou moins durable selon les animaux. Nous avons suggéré que cette horloge faible constitue un avantage pour un tel bivalve, disposant d'une aire de répartition très large incluant l'Asie, l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Australie (Mat et al., 2012). Elle lui permettrait de s'adapter à des conditions très variées, constituant un avantage écologique très clair. Le dispositif expérimental a également révélé un aspect inattendu de l'éthologie de l'huître : *C. gigas* présente un comportement dual. Elle peut passer d'un comportement nocturne à un comportement diurne et inversement. La comparaison avec les données enregistrées sur des huîtres placées sur le terrain pendant un an a permis d'écarter un artefact expérimental, révélant donc une caractéristique intrinsèque de l'huître. Sur le terrain, *C. gigas* est plutôt nocturne en automne et en hiver, ouvrant davantage leur coquille la nuit, et plutôt diurne au printemps et en été, ouvrant davantage leurs valves le jour. La transition d'un comportement à l'autre a lieu autour des équinoxes. Dans la littérature, un tel comportement dual, avec passage du diurnalisme au nocturnalisme, a été pour les espèces marines rapporté chez les poissons (Erikson, 1978 ; Reeb, 2002 ; Sanchez-Vazquez et al., 1995, 1996) et associé à une notion de plasticité comportementale. Nous avons proposé que ce rythme annuel de l'huître *C. gigas* soit lié à la photopériode, l'horloge circadienne constituant un élément essentiel à la synchronisation du cycle annuel lié au photopériodisme (Song et al., 2010). Par ailleurs,

nous avons suggéré que ce comportement dual résulte d'un compromis pour l'animal, compromis destiné à assurer la meilleure allocation des dépenses énergétiques dans le bilan prise de nourriture/dépense d'énergie (Mat et al., 2012).

Les travaux présentés ci-dessus ont été publiés et on a obtenu d'autres résultats qui sont actuellement soumis ou en cours de rédaction. Plus précisément, après avoir travaillé sur le rythme circadien, nous sommes intéressés à l'activité tidale de l'huître, en travaillant à la fois à l'échelle de l'organisme et à l'échelle moléculaire. Nous avons ensuite étudié les perturbations éventuelles du rythme en présence d'un contaminant, ici l'algue toxique *Alexandrium minutum*, à des concentrations écologiquement réalistes. L'objectif de ces derniers travaux était de voir si chez un animal aquatique un contaminant peut perturber l'expression des rythmes biologiques et donc si, *in situ*, l'enregistrement des rythmes biologiques peut être utilisé comme un outil de diagnostic précoce et fin de la contamination du milieu. Nos résultats montrent que c'est en effet une piste de recherche à approfondir. Ils n'ont pas encore été publiés, mais au-delà de l'intérêt fondamental que présente ce travail, ils confirment l'intérêt de la chronobiologie pour la compréhension de l'éthologie des espèces marines d'une part et pour l'écotoxicologie aquatique d'autre part.

Références

- Abello P, Reid DG, Naylor E. (1991). Comparative locomotor activity patterns in the portunid crab *Liocarcinus holsatus* and *L. depurator*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. 71: 1-10.
- Akiyama T. (1997). Tidal adaptation of a circadian clock controlling a crustacean swimming behavior. *Zool. Sci.* 14: 901-906.
- Beentjes MP, Williams BG. (1986). Endogenous circatidal rhythmicity in the New Zealand cockle *Chione stutchburyi* (Bivalvia, Veneridae). *Mar. Behav. Physiol.* 12: 171-180.
- Chabot CC, Skinner SJ, Watson III WH. (2008). Rhythms of locomotion expressed by *Limulus polyphemus*, the American horseshoe crab: I. Synchronization by artificial tides. *Biol. Bull.* 215: 34-45.
- Connor KM, Gracey AY. (2011). Circadian cycles are the dominant transcriptional rhythm in the intertidal mussel *Mytilus californianus*. *P. Natl. Acad. Sci. USA*. 108: 16110-16115.
- Cummings SM, Morgan E. (2001). Time-keeping system of the eel pout, *Zoarces viviparus*. *Chronobiol. Int.* 18: 27-46.
- Enright JT. (1976b). Plasticity in an Isopod's clockworks: shaking shapes form and affects phase and frequency. *J. Comp. Physiol.* 107: 13-37.
- Eriksson L-O. (1978). Nocturnalism versus diurnalism; dualism within fish individuals. In: Thorpe JE (ed). *Rhythmic activity of fishes*. New York: Academic Press, 69-89.
- García-March JR, Solsona MA, García-

(Suite page 23)

(Suite de la page 22)

- Carrascosa AM. (2008). Shell gaping behaviour of *Pinna nobilis* L., 1758: circadian and circalunar rhythms revealed by in situ monitoring. *Mar. Biol.* 153: 689-698.
- Gerkema MP, Videler JJ, de Wiljes J, van Laveren H, Gerritsen H, Karel M. (2000). Photic entrainment of circadian activity patterns in the tropical labrid fish *Halichoeres chrysus*. *Chronobiol. Int.* 17: 613-622.
- Gibson RN. (1973). Tidal and circadian activity rhythms in juvenile plaice, *Pleuronectes platessa*. *Mar. Biol.* 22: 379-386.
- Higuera-Ruiz R, Elorza J. (2009). Biometric, microstructural, and high-resolution trace element studies in *Crassostrea gigas* of Cantabria (Bay of Biscay, Spain): anthropogenic and seasonal influences. *Estuar. Coast. Shelf* . 82: 201-213.
- Klapow LA. (1972). Natural and artificial rephasing of a tidal rhythm. *J. Comp. Physiol.* 79: 233-258.
- Last KS, Bailhache T, Kramer C, Kyriacou CP, Rosato E, Olive PJW. (2009). Tidal, daily, and lunar-day activity cycles in the marine Polychaete *Nereis virens*. *Chronobiol. Int.* 26: 167-183.
- Levi F, Okyar A, Dulong S, Innominato PF, Clairambault J. (2010). Circadian timing in cancer treatments. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 50 : 377-421.
- Mat AM. (2012). Étude des rythmes biologiques de l'huître *Crassostrea gigas* et de leur perturbation par l'algue toxique *Alexandrium minutum*. http://ori-oai.u-bordeaux1.fr/pdf/2012/MAT_AUDREY_2012.pdf
- Mat AM, Massabuau JC, Ciret P, Tran D. (2012). Evidence for a plastic dual circadian rhythm in the oyster *Crassostrea gigas*. *Chronobiol. Int.* 29: 857-867.
- Morgan E. (1991). An appraisal of tidal activity rhythms. *Chronobiol. Int.* 8: 283-306.
- Naylor E. (1958). Tidal and diurnal rhythms of locomotory activity in *Carcinus maenas* (L.). *J. Exp. Biol.* 35: 602-610.
- Naylor E. (2001). Marine animal behaviour in relation to lunar phase. *Earth Moon Planets* 85-86: 291-302.
- Naylor E. (2010). *Chronobiology of marine organisms*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Palmer JD. (1995). *The biological rhythms and clocks of intertidal animals*. Oxford Univ. Press, New York.
- Palmer JD. (1997). Dueling hypotheses: circatidal versus circalunidian battle basics. *Chronobiol. Int.* 14: 337-346.
- Palmer JD. (2000). The clocks controlling the tide-associated rhythms of intertidal animals. *BioEssays* 22: 32-37.
- Poulain C, Lorrain A, Flye-Sainte-Marie J, Amice E, Morize E, Paulet YM. (2011). An environmentally induced tidal periodicity of microgrowth increment formation in subtidal populations of the clam *Ruditapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 397: 58-64.
- Reebs SG. (2002). Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 12: 349-371.
- Reid DG, Naylor E. (1989). Are there separate circatidal and circadian clocks in the shore crab *Carcinus maenas*? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52: 1-6.
- Roenneberg T, Mrosovsky M. (2005). Circadian clocks – The fall and rise of physiology. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 6: 965-971.
- Sánchez-Vázquez FJ, Madrid JA, Zamora S. (1995b). Circadian rhythms of feeding activity in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.: dual phasing capacity of diel demand-feeding pattern. *J. Biol. Rhythms* 10: 256-266.
- Sánchez-Vázquez FJ, Madrid JA, Zamora S, Iigo M, Tabata M. (1996). Demand feeding and locomotor circadian rhythms in the goldfish, *Carassius auratus*: dual and independent phasing. *Physiol. Behav.* 60: 665-674.
- Song YH, Ito S, Imaizumi T. (2010). Similarities in the circadian clock and photoperiodism in plants. *Current Opinion in Plant Biology.* 13: 594-603.
- Taylor AC, Naylor E. (1977). Entrainment of the locomotor rhythm of *Carcinus* by cycles of salinity change. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 57: 273-277.
- Tessmar-Raible K, Raible F, Arboleda E. (2011). Another place, another timer: Marine species and the rhythms of life. *Bioessays* 33 :165-172.
- Tran D, Nadau A, Durrieu G, Ciret P, Parisot JP, Massabuau J-C. (2011). Field chronobiology of a molluscan bivalve : how the moon and sun cycles interact to drive oyster activity rhythms. *Chronobiol. Int.* 28: 307-317.
- Warman CG, Naylor E. (1995). Evidence for multiple, cue-specific circatidal clocks in the shore crab *Carcinus maenas*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 189: 93-101.
- Webb HM. (1976). Interactions of daily and tidal rhythms. In: DeCoursey DJ (ed). *Biological rhythms in the marine environment*. Columbia: University of South Carolina Press, pp 129-135.
- Wilcockson D, Zhang L. (2008). Circatidal clocks. *Curr. Biol.* 18: R753-755.
- Williams BG, Naylor E. (1969). Synchronization of the locomotor tidal rhythm of *Carcinus*. *J. Exp. Biol.* 51: 715-725.
- Williams BG, Pilditch CA. (1997). The entrainment of persistent tidal rhythmicity in a filter-feeding bivalve, using cycles of food availability. *J. Biol. Rhythms.* 12: 173-181.



in association with The Japanese Society for Chronobiology



<http://www.ebers-online.org/ebers2013.html>

AN INVITATION TO MUNICH

XIII EBRs Congress in Munich, Germany, 18-22 August 2013

More information on the congress will follow on that webpage shortly!

XIII Congress of the European Biological Rhythms Society

August 18-22, 2013
Munich, Germany

In association with
the Japanese Society for Chronobiology



De 5 heures ...

Conférence expérimentale
Sommeil et travail à horaires atypiques
École des Mines d'Albi-Carmaux

Vendredi 13 décembre 2013



... à 13 heures

Avez-vous envie de savoir ce que représente de se lever à 4 heures du matin pour aller travailler ?

Entrée gratuite sur inscription

Promoteurs



Société de Médecine du Travail
de Midi-Pyrénées

Parrainage



Partenaires
(A ce jour)



<http://eric.mullens.free.fr/confexpalbi.htm>

LE CONGRÈS DU SOMMEIL® est organisé par la **Société Française de Recherche et Médecine du Sommeil**, et la **Société de Pneumologie de Langue Française (Groupe Sommeil)** en collaboration avec la **Société Française des Techniciens du Sommeil** et la **Société Française de Médecine Dentaire du Sommeil**.

Il met en avant la nécessaire complémentarité des équipes et la transversalité de cette discipline récente.

Ce congrès accueille et rassemble des experts d'horizons disciplinaires variés pour débattre et échanger sur les innovations en matière de recherche sur le sommeil normal et pathologique, de diagnostic, de prise en charge et de thérapeutiques.

Le contenu du programme scientifique, pluridisciplinaire, fait une part importante aux troubles respiratoires du sommeil mais consacre également des sessions aux aspects neurologiques, psychiatriques et chronobiologiques du sommeil...

4 conférences plénières, 10 symposia, 1 workshop, 5 séances de communications orales, 10 ateliers de formation, des conférences et ateliers satellites, des réunions thématiques, la remise de plusieurs bourses et prix, plus de 70 exposants, le village Sommeil, la journée de la Société Française des Techniciens du Sommeil, la journée de la Société Française de Médecine Dentaire du Sommeil...

Et le mercredi 20 novembre, la **journée pré-congrès de Formations Médicales de la SFRMS**.

Sleep for brain functioning and beyond

Workshop scientifique thématique

Le but de ce workshop est de nous faire partager des concepts originaux sur le sommeil et sa pathologie, un peu éloignés des idées dominantes. Il sera l'occasion d'échanger sur nos visions scientifiques et d'initier de nouvelles collaborations grâce aux quatre conférenciers invités et un data blitz illustrant l'activité des équipes du Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon sur cette thématique.

La date limite pour les inscriptions est le 15 septembre.

Le comité d'organisation
Hélène Bastuji, Christelle Peyron, Perrine Ruby, Karine Spiegel,

Crédit photo : Vera Kratochvil

<http://crnl-sleep2013.sciencesconf.org/>

Chronobiologistes...

encore un effort pour vos contributions à Rythmes.

Vous devez participer à la vie de la Société Francophone de Chronobiologie en envoyant vos contributions à Fabien Pifferi, rédacteur en chef de 

Seules sont acceptées les contributions sous forme informatique, textes et figures, noir et blanc et couleurs. Cela assure la qualité de ce qui est produit, d'autant plus appréciable si vous optez pour la lecture électronique, qui, elle, est en couleurs !

Vous devez envoyer vos contributions en document attaché. Les fichiers seront préférentiellement sauvegardés au format *.doc, *.rtf, ou *.txt après avoir été produits par un traitement de texte standard. Pour tout autre format que ces formats répandus, nous consulter.

Il est impératif de nous faire parvenir un fichier texte sans retours à la ligne multiples, tout en conservant l'accentuation. De même, ne mettez pas de lignes blanches pour marquer les paragraphes ni mises en page complexes, que nous devons de toutes façons changer pour rester dans le style du journal.

Les images pourront être en tiff, bmp, gif, jpeg, jpg ou png. Rythmes est mis en page sur un PC, donc les formats PC sont préférés, car cela évite des manipulations.

Enfin, vous enverrez vos contributions par courrier électronique à pifferi@mnhn.fr.

Fabien Pifferi

Société Francophone de Chronobiologie

Président	Francis Lévi francis.levi@inserm.fr
Vice présidente	Martine Migaud martine.migaud@tours.inra.fr
Secrétaire générale	Ouria Dkhissi-Benyahya ouria.benyahya@inserm.fr
Secrétaire adjoint	Patrick Vuillez vuillez@neurochem.u-strasbg.fr
Trésorier	Franck Delaunay franck.delaunay@unice.fr
Trésorier adjoint	Xavier Bonnefont xavier.bonnefont@iqf.cnrs.fr

Ont contribué à ce numéro

B. Claustrat
O. Dkhissi-Benyahya
F. Lévi
S. Lumineau
F. Pifferi

Les articles publiés dans ce bulletin reflètent l'opinion de leurs auteurs, et en aucun cas celle de la Société Francophone de Chronobiologie.

Rythmes est édité par la **Société Francophone de Chronobiologie**, Siège Social : Institut Cellule Souche et Cerveau Département de Chronobiologie 18 avenue du Doyen Lépine 69500 BRON.

Directeur de la publication : Francis Lévi. Rédacteur en chef : Fabien Pifferi.

Comité de rédaction : Ouria Dkhissi-Benyahya, Fabien Pifferi. Réalisation : Fabien Pifferi. Impression : Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Site Web : <http://www.sf-chronobiologie.org> Numéro ISSN 0154-0238.