

RYTHMES

Le mot du Président

Mes meilleurs vœux pour 2007

En souhaitant que malgré ces temps difficiles pour la recherche vous gardiez tous votre enthousiasme !



Strasbourg, décembre 2006

**Paul Pévet,
Président**

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

Sommaire

Le mot du Président 97

Article

Influence des facteurs sociaux sur les rythmes circadiens...
A. Favreau et coll., 111

Commentaires

Chronobiologie et francophonie.
L. Baillaud 103

In memoriam 102

Annonces de congrès

Congrès 2007 de la SCF 101

Autres manifestations scientifiques 104, 110, 118, 119

Rubriques

Mise à jour de l'annuaire électronique 98

Analyse d'ouvrage 98

Notre site Web 99

SFC : nouveautés 2007 100

Chronobiologistes... 120

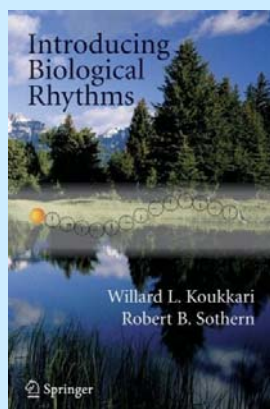
Thèses

D. Bonnet Wersinger 105

F. Revel 106

C. Cailotto 108

Analyse d'ouvrage



Introducing Biological Rhythms

Willard L. Koukkari & Robert B. Sothern

Springer, 655 pages

W.L. Koukkari et R.B. Sothern, de l'Université du Minnesota à St Paul (MN) ont publié au début de l'année 2006 un ouvrage qui mérite de figurer dans la bibliothèque de tous les chronobiologistes. Cet ouvrage constitue en effet un livre de base pour les étudiants qui veulent se lancer dans des études de chronobiologie et dans lequel les spécialistes trouveront une multitude de références bibliographiques.

Le champ d'investigation retenu par les auteurs est vaste. Dans les 7 premiers chapitres, sont traitées les notions fondamentales : la terminologie, les propriétés relatives des paramètres permettant de caractériser les rythmes, le photopériodisme, les rythmes de marées et les rythmes lunaires, les rythmes liés à la reproduction. Dans la deuxième partie, il est question de chronobiologie appliquée, de l'intérêt de la connaissance et de l'étude des rythmes biologiques en agriculture, en médecine vétérinaire, en médecine clinique et dans le domaine social. Les deux derniers chapitres s'adressent plus particulièrement à ceux qui désirent s'engager dans la pratique de la chronobiologie : autorythmométrie, analyse de données.

A la lecture de cet ouvrage on reconnaît les qualités pédagogiques des auteurs et leur vaste culture scientifique. Les notions difficiles à faire passer aux étudiants comme le photopériodisme, le masking, les courbes de réponse de phase, sont clairement explicitées. L'iconographie est originale, bien choisie, avec des légendes très détaillées. Les développements récents de la génétique des rythmes ne sont pas oubliés. Chaque chapitre s'appuie sur une bibliographie extrêmement abondante. Très souvent le texte est enrichi de compléments (« Essays ») renvoyant à un historique ou à un développement plus consistant du sujet abordé. En conclusion de chaque chapitre est rappelé ce qui est essentiel à retenir.

On ne peut que recommander la lecture de ce livre qui a l'avantage de couvrir tous les aspects de la chronobiologie et de présenter de manière élégante aux non spécialistes tout l'intérêt de ce domaine de recherche.

B. Millet

Vos coordonnées accessibles sur le site de la SFC

M, Mme, Mlle, Prénom, Nom :

Tel:

Fax:

Titres, fonctions

Courriel :

Adresse :

Mots clefs :

Pensez à actualiser vos données

Utilisez ce formulaire pour une première inscription ;

Modifiez vos données en ligne si nécessaire (voir page 99).

Etienne CHALLET, Secrétaire Général de la SFC

Laboratoire de Neurobiologie des Rythmes

CNRS UMR7168/LC2, Université Louis Pasteur

5 rue Blaise Pascal, 67084 STRASBOURG Cedex

Tel: 03.88.45.66.93; Fax: 03.88.45.66.54

e-mail: challet@neurochem.u-strasbg.fr

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

Recherche

dans tout le site

> recherche avancée

Accueil | La SFC | Actualités | Annonces | Bibliographie | Espace membre | Services | Liens

Bienvenue sur le site de la SFC.

La Société Francophone de Chronobiologie est heureuse de vous accueillir sur son nouveau site. Prenez le temps de naviguer pour découvrir au fil des pages la SFC, son histoire et ses activités...
...à votre rythme.

Membre? > Vous identifier

Qui sommes-nous

➔ Découvrez la Société Francophone de Chronobiologie, ses buts et activités sur les pages de présentation.

Consulter

➔ La revue 'Rythmes'. Découvrez la revue publiée par la SFC.

➔ Les événements à venir. Colloques, congrès ou émissions en rapport avec la chronobiologie...

➔ Les annonces en ligne. Offres d'emplois, de stages, sujets de thèses...

A la une

- ➔ **Second International Congress of Applied Chronobiology and Chronomedicine**
Deuxième Congrès International de Chronobiologie Appliquée et Chronomédecine, Tunisie, du 23 au 28 Mars 2007.
- ➔ **Affiliation de la SFC à la European Biological Rhythms Society (EBRS)**
Tout membre de la SFC devient membre de la EBRS
- ➔ **Gordon Research Conference on Chronobiology**
La prochaine "Gordon Conference" en chronobiologie se déroulera en Savoie
- ➔ **"From molecular clocks to human health": 3th Satellite Meeting of the IBRO World Congress of Neuroscience**
Un congrès satellite de chronobiologie aura lieu en Juillet 2007 à Adélaïde (Australie), juste avant le congrès IBRO
- ➔ **5th International congress of the world federation of sleep research and sleep medicine societies**
Le prochain congrès des fédérations de sociétés sur le sommeil se déroulera à Cairns (Australie) en septembre 2007
- ➔ **39e congrès de la Société Francophone de Chronobiologie**
Le prochain congrès annuel de notre Société aura lieu à Paris en septembre 2007
- ➔ **Conférences en neurobiologie "Ladislav Tauc"**
Horloges et Rythmes cérébraux, du 14 au 15 Décembre à Gif
- ➔ **Offre de bourse post-doctorale**
Cette bourse s'adresse à des docteurs de nationalité autre que française et n'ayant pas obtenu leur doctorat en France

Accueil | Infos légales | Compatibilité
Copyright © Didier Durand - 2004

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.

SFC : Nouveautés 2007

Suite à la dernière assemblée générale qui a eu lieu lors du 38^{ème} congrès de la Société Francophone de Chronobiologie à Lyon, de nouvelles modalités ont été votées ; il nous a semblé utile de vous les rappeler en ce début d'année 2007.

Prix "Jeune Chercheur / Jeune Chercheuse"

La Société Francophone de Chronobiologie attribuera cette année un Prix "Jeune Chercheur / Jeune Chercheuse" d'un montant de 1 500 €. Ce Prix sera attribué à un chercheur ou une chercheuse de moins de 35 ans révolus, d'expression française. La sélection par une commission d'évaluation sera faite sur la base de travaux scientifiques de haut niveau dans le domaine des rythmes biologiques. Le ou la lauréat(e) s'engage à rédiger un article dans sa spécialité pour le journal RYTHMES. Le Prix 2007 sera décerné à l'occasion du 39^{ème} Congrès qui se déroulera à Paris en septembre prochain.

Chaque dossier de candidature devra être fourni en 6 exemplaires et comprendra :

- un *curriculum vitae* avec photo;
- une page résumant les travaux principaux;
- une description des résultats et perspectives en un maximum de 10 pages, références comprises;
- une liste des publications scientifiques;
- éventuellement, une lettre de présentation du Directeur du laboratoire.

Bourses de voyage

La Société Francophone de Chronobiologie attribuera cette année des bourses de voyage à des jeunes chercheurs ou chercheuses francophones en séjour post-doctoral à l'étranger, pour venir présenter en personne leurs travaux au congrès annuel de la SFC. Les bourses de voyage n'excéderont pas 1000€. Le choix sera fait par une commission d'évaluation sur la base de travaux scientifiques de haut niveau dans le domaine des rythmes biologiques.

Chaque dossier de candidature devra être fourni en 6 exemplaires et comprendra :

- un *curriculum vitae* avec photo;
- une page présentant les travaux principaux;
- un résumé de la présentation prévue;
- une liste des publications scientifiques;
- éventuellement, une lettre du Directeur du laboratoire d'accueil.

Les dossiers de candidature au Prix SFC ou à une bourse de voyage seront adressés au plus tard le 31 mai 2007 à :

Merci à tous les membres de la SFC de diffuser largement ces informations aux personnes susceptibles de postuler afin de garantir le meilleur niveau possible des élus.

N. B. *la commission d'évaluation se réserve le droit de ne pas attribuer de prix et/ou de bourse de voyage si aucun dossier n'atteint le niveau escompté.*

Tarif d'adhésion à la SFC et abonnement au journal RYTHMES

Le tarif d'adhésion à la SFC (tarif normal : 25 €; tarif retraité : 12,5 €) est valable pour un an et inclut l'abonnement électronique au journal RYTHMES. L'envoi du journal RYTHMES sous format papier entraîne une majoration de la tarification annuelle d'un montant de 5 € (servant à couvrir les frais d'envoi par courrier postal), soit un tarif normal de 30 € et un tarif retraité de 17,5 €. Ces nouvelles tarifications entreront en vigueur le 1^{er} janvier 2007.

Il est rappelé que les étudiants en thèse peuvent adhérer gratuitement à la SFC en s'inscrivant auprès d'Etienne Challet (voir coordonnées ci-dessous). Néanmoins, cette adhésion implique un engagement de leur part de faire un article pour le journal RYTHMES avant la fin de leur thèse. Les étudiants reçoivent le journal RYTHMES exclusivement sous format électronique.

Enfin, il semble utile de rappeler également que le journal RYTHMES est destiné uniquement aux membres de la SFC et que les numéros de l'année en cours sont en accès restreint sur le site internet de la Société. Ces numéros sont téléchargeables à l'aide de vos identifiant et mot de passe. La diffusion de RYTHMES, y compris dans sa version électronique, dans un cadre plus large que les membres de la SFC est interdite.

Votre adresse de courrier électronique

Si vous avez reçu le journal sous format papier et que vous n'avez pas indiqué votre adresse de courrier électronique lors de la mise à jour de votre fiche annuaire, nous vous encourageons à communiquer cette information au secrétaire de la SFC, Etienne CHALLET. En effet, le courrier électronique est le moyen de communication le plus sûr et le plus efficace. Pensez-y, c'est important pour optimiser la diffusion des informations et promouvoir les interactions entre les membres de la Société !

Fabienne Aujard et Etienne Challet

Etienne CHALLET, Secrétaire Général de la SFC
Département de Neurobiologie des Rythmes,
CNRS UMR 7168/LC2, Université Louis Pasteur,
5 rue Blaise Pascal, 67084 STRASBOURG Cedex
Tel: 03.88.45.66.93 Fax: 03.88.45.66.54
e-mail: challet@neurochem.u-strasbg.fr



39^{ème} Congrès de la Société Francophone de Chronobiologie

PARIS
19 – 21 septembre 2007



Contact:

Fabienne AUJARD

Mécanismes Adaptatifs et Evolution
UMR CNRS / MNHN 5176 – Brunoy

fabienne.aujard@wanadoo.fr

Informations:

www.sf-chronobiologie.org

Comité Scientifique:

Fabienne Aujard

Ouria Benyahya

Francis Lévi

Martine Perret

Paul Pévet

François Rouyer

Valérie Simonneaux

Yvan Touitou

Thèmes scientifiques abordés :

- Les mécanismes moléculaires des horloges : fonctionnement et régulations
- Les horloges biologiques: rythmes endogènes, photoréception et synchronisation
- Photopériodisme, valeur adaptative des rythmes et écologie
- Vieillesse et pathologies associées
- Rythmes, sommeil et vie sociale
- Rythmes en médecine clinique et expérimentale
- Valorisations industrielles et applications de la chronobiologie à la médecine

Lieu du congrès:

**Grande Galerie de l'Évolution
Muséum National d'Histoire Naturelle**



**Jardin des Plantes
36 rue Geoffroy Saint Hilaire
75005 Paris**

***Les détails concernant l'organisation
du congrès, l'appel à communication et
l'adresse du site internet du congrès vous seront fournis très bientôt.***

En espérant vous accueillir très nombreux à Paris !

In memoriam

Les plus anciens, parmi les membres de la SFC, apprendront avec tristesse la disparition au cours de ces derniers mois de deux des leurs. Chronologiquement,

- **Hermann LÜCK**, qui exerça pendant de très nombreuses années la fonction de Trésorier au sein du Groupe d'Étude des Rythmes Biologiques (GERB) devenu Société Francophone de Chronobiologie (SFC). Nous lui devons en particulier la mise en place du fichier informatique des adhérents ;
- **Stephan JEREBZOFF**, membre fondateur du GERB puis ultérieurement Président du Groupe. S. Jerebzoff a obtenu du CNRS la création d'une RCP (Recherche Coopérative sur Programme) intitulée « Rythmes et irritabilité » qui a permis à plusieurs équipes de physiologistes végétaux francophones de travailler ensemble pendant de nombreuses années et ainsi de promouvoir la chronobiologie dans leur domaine de recherche.

Les membres de la SFC expriment à Madame Lück et à Madame Jerebzoff leurs plus sincères condoléances.

B. Millet

Chronobiologie et Francophonie. Faudrait-il renommer la Société francophone de Chronobiologie (SFC) ?

Lucien Baillaud

Institut pour la Gestion et la Valorisation des Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand,
3, boulevard Lafayette, F-63000 Clermont-Ferrand

Bernard Bruguerolle a posé la question à juste titre (juin 2006) ; son argumentation est tout à fait pertinente. Je voudrais la compléter par quelques points historiques.

Lors de la fondation de notre société (23.09.68 et 23-24.01.69) , il n'existait qu'une autre société sur le même thème, fondée en 1937, la *Societas pro studio rhythmici biologici* (le singulier surprend), épisodiquement nommée *Internationale Gesellschaft für biologische Rhythmusforschung* ou plus communément *Society for biological rhythm (SBR)*. Les chercheurs se rencontraient aussi, de par le monde, dans des congrès le plus souvent anglophones. En 1960, la *SBR* réunissait sa septième conférence à Sienne. Il y avait traduction simultanée des communications, notamment en français : les participants de langue française étaient en nombre dérisoire, le fait est qu'il n'y a pas eu de suite. C'est l'activité des laboratoires de notre planète qui a (provisoirement ?) fait perdre au français son rang dans les langues scientifiques internationales.

Dans ces années, la pensée chronobiologique était très peu répandue en France ; en dehors même de l'implantation géographique, on éprouvait le besoin d'une société où l'on puisse parler et réfléchir en français. On se reportera à l'étude historique de Jean De Prins (1989) sur la formation de notre groupe. Il y avait une euphorie surprenante : dès nos premiers appels, nous avons eu quelque 400 réponses positives, et les années suivantes ont marqué de nettes augmentations de nos effectifs.

J'ai rappelé précédemment (1998) comment nous avons voulu nous définir, nous nommer, aussi sobriement que possible : 1968, 1969, ce n'était pas l'époque de la « communication » triomphale. *Groupe* ou *société* ? *Rythmes biologiques* ou *chronobiologie* ? Le mot *interdisciplinaire* a été éliminé, parce que, pour les uns cela allait de soi, et que pour les autres la chronobiologie était en elle même UNE discipline. Notre groupe fondateur, de langue française, avait des bases en Belgique, en France et en Suisse. Aux yeux des Français, les Belges ne sont pas des étrangers, ce sont des Belges, et de même concernant les Suisses ; pour autant la Wallonie et la Suisse romande ne sont pas en France ; personne n'a proposé, en 1968-69 que nous nous appelions *Société française de ...*, ce qui aurait impliqué des amputations dramatiques. – *Francophone* ? ou *de langue française* ? C'était dans nos statuts. Nous avons préféré ne pas le préciser dans notre

titre, parce que inutilement « agressif » ; construire des barrières n'était pas notre but. Les mots mêmes *groupe d'étude des rythmes biologiques* suffisaient à annoncer la langue préconisée.

Pendant ce temps Franz Halberg présidait la *SBR*, la réveillait peut-être et lui faisait donner le nom, d'allure moderne, de *International society for chronobiology*. Par jeu de balancier, c'était la porte ouverte à des dénominations nationales ou géographiques pour les sociétés à venir. Or, devant la floraison de ces dernières, il est apparu souhaitable que notre société ait un nom comparable à celui des autres groupements de chronobiologie. Le 31 janvier 1986, notre assemblée générale a décidé, sur ma proposition, d'ajouter à « *Groupe d'étude...* », les mots *Société francophone de chronobiologie* ; cela a figuré dans tous nos documents, entre parenthèses les premiers temps, mais pour beaucoup nous étions toujours le *GERB*. Par la suite, Yvan Tuitou (A.G. du 12 mai 1999), a fait réduire notre double titre à ses quatre derniers mots, avec l'objectif d'une « plus grande lisibilité » de la société pour les jeunes chercheurs qui nous rejoignent, pour leur adhésion à une société savante.

De langue française aurait été trop long, mais *francophone* est lourd ; surtout ce mot a changé de sens. Lors de nos débats de 1968 et 69, il s'agissait pour nous de nous référer à une langue parlée en Europe occidentale, alors qu'aujourd'hui la francophonie fait surtout penser à des pays d'outre-mer. Il est vrai que nous avons eu rapidement des adhérents de divers pays, africains en particulier ou d'Europe centrale ou orientale ; le trésorier voulait bien fermer les yeux sur la difficulté de certains transferts de devises. Mais du point de vue de notre titre, le plus grave, que souligne Bernard Bruguerolle, est que l'on parle et que l'on écrit parfois (et qu'on le fera de plus en plus) en anglais dans les congrès ou les publications de la *SFC* : évolution inéluctable. En 1968, le champ était libre. Par analogie avec la vieille *Société de biologie* ou la future *Société d'écologie*, nous aurions été mieux inspirés en proposant, comme alternative à *GERB*, le nom de *Société de chronobiologie (SC ou SdC)*.

Références

- Extraits du *Journal Officiel* (1968, 69, 88). Déclarations des titres successifs. *Bull. Gr. Ét. Rythmes biol.*, 1993, 25 (4), 4^{ème} p. de la couverture.

(Suite page 104)

Société des Neurosciences

8^e Colloque - Montpellier, 22-25 mai 2007

Début des inscriptions et soumissions de résumé : mi-décembre 2006.

Date limite des inscriptions avec soumission de résumé : mi-février 2007.

Secrétariat scientifique

Société des Neurosciences
Université Victor Segalen Bordeaux 2
Case 67
146, rue Léo-Saignat
33076 Bordeaux Cedex - France
Fax : +33 (0)5 57 57 37 50
www.neurosciences.asso.fr

Secrétariat d'organisation

Atout Organisation Science
8^e Colloque de la Société des Neurosciences
Village d'entreprises Saint-Henri
Rue Anne Gacon - Bât 24
13016 Marseille - France
Fax: +33 (0)4 96 15 12 51
www.atout-org.com



Inscriptions - Communications

La langue officielle pour les communications orales est soit le français, soit l'anglais. Tout support écrit doit être en anglais (résumés, diapositives, affiches) pour en assurer la diffusion internationale.

L'adhésion à la Société permet de bénéficier de tarifs préférentiels pour le colloque. Les membres de certaines Sociétés (FENS, SfN) peuvent bénéficier des mêmes tarifs sous certaines conditions.

De plus amples informations seront disponibles prochainement.

(Suite de la page 103)

- Jean De Prins (1989). Contribution à l'histoire de la chronobiologie. *Bull. Gr. Ét. Rythmes biol.*, 21 (1), p. 1-70.
- Yvan Touitou (octobre 1998). Éditorial. *Rythmes*, 30 (1-2), p. 1-2.
- Yvan Touitou (juin 1999). Éditorial. À propos de la Société francophone de chronobiologie. *Rythmes*, 31 (1-2), p. 1-2.
- Lucien Baillaud (décembre 1998). Rythmes biologiques ou chronobiologie, société ou groupe ? Les gens, les choses et les mots. *Rythmes*, 30 (3-4), p. 2, 4, 6.
- Bernard Bruguerolle (juin 2006). French Chronobiological Society or French Speaking Society ?? *Rythmes*, 37 (2), p. 30.

Résumé de thèse

Les cellules ganglionnaires de la rétine (RGC) sont des neurones du système nerveux central qui projettent sur les noyaux cérébraux du système visuel. Le rôle des RGC est de transmettre l'information visuelle sous forme de messages électriques. Par ailleurs, certaines RGC exprimant la mélanopsine relaient l'information photique aux noyaux suprachiasmatiques de l'hypothalamus, afin de permettre l'entraînement de l'horloge biologique sur le cycle jour/nuit. La dégénérescence progressive des RGC, dans le glaucome ou la rétinopathie diabétique, conduit peu à peu à la cécité. La pression intraoculaire élevée, caractéristique d'une partie des glaucomes, provoque des bouleversements dans la structure du nerf optique. Les transports rétrogrades de facteurs trophiques, notamment le facteur neurotrophe dérivé du cerveau (BDNF), sont alors observés. Par ailleurs, la surexpression de BDNF au sein de la rétine protège significativement les RGC au cours du glaucome expérimental chez le rat. Par contre, dans l'espèce porcine, le BDNF n'améliore pas la survie des RGC, mais stimule la formation et la croissance

des neurites. A partir de cultures de cellules rétinienne de porc adulte, nous avons montré d'une part, la participation de ERK1/2 à la formation et à la croissance neuritique, et d'autre part, celle de la PI3-K dans la neuritogenèse liée au BDNF. Par extension, la mise en culture de cellules de rétine humaine nous a indiqué que les arborisations neuriti-

ques émises par les RGC étaient plus probablement de nature dendritique. Nous nous sommes également intéressés à la signalisation du facteur dérivé de l'épithélium pigmentaire de la rétine (PEDF), puisqu'il protège les RGC dans plusieurs modèles de glaucome expérimental *in vivo*. Les mécanismes sous-jacents à cette neuroprotection sont à ce jour inconnus dans la rétine. Dans ce contexte, notre étude a mis en évidence l'effet protecteur du PEDF sur les RGC de porc *in vitro* et a montré l'implication des protéines kina-

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR - STRASBOURG I
Faculté des Sciences de la Vie

THÈSE

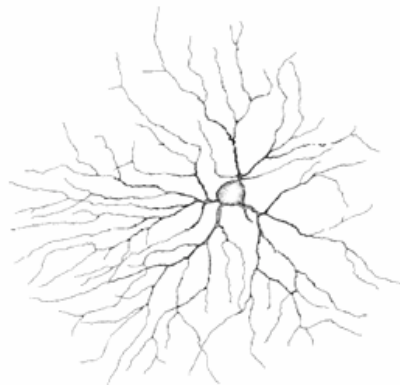
Présentée en vue de l'obtention du titre de **DOCTEUR DE L'UNIVERSITE**

Discipline : Sciences du Vivant

Spécialité : Aspects cellulaires et moléculaires des Sciences de la Vie

Par : **Delphine BONNET WERSINGER**

Étude de la signalisation participant à la protection et à la croissance neuritique des cellules ganglionnaires de la rétine (RGC) de porc adulte *in vitro*.



Soutenue le 30 novembre 2006 devant la commission d'examen
Pr François Lasbennes, Université Louis Pasteur
Pr Colin Barnstable, Yale University
Pr Donald Zack, Johns Hopkins University
Dr David Hicks, Université Louis Pasteur

Rapporteur interne
Rapporteur externe
Rapporteur externe
Directeur de thèse

ses ERK1/2 and JNK. Toutefois, la majeure partie de la signalisation participant à l'effet neuroprotecteur du PEDF dans la rétine reste à caractériser.

Résumé de thèse

L'anticipation et l'adaptation des individus aux variations journalières et saisonnières de l'environnement sont indispensables à la survie des espèces, en particulier chez les mammifères. Un grand nombre de besoins mais aussi de menaces survenant de manière régulière, la vie a développé la capacité de **mesurer et gérer le temps**, en utilisant la **lumière** comme indicateur temporel environnemental le plus précis. Ces mécanismes mettent en jeu l'activation d'un **axe photoneuroendocrine** comprenant la rétine, diverses structures hypothalamiques dont les noyaux supra-chiasmiques (**SCN**), et la glande pinéale.

Ces dernières années, de grandes avancées ont été réalisées dans la compréhension des fondements moléculaires à l'origine des **oscillations circadiennes**, (**journalières**), notamment par la découverte de « **gènes horloge** ». A l'inverse, peu de données existent sur les mécanismes moléculaires opérant sur une échelle de temps annuelle et régulant les **fonctions physiologiques saisonnières** des mammifères telles que la reproduction, l'hibernation, la régulation de la masse corporelle ou les pathologies saisonnières chez l'humain.

Les **objectifs principaux de ce projet** consistaient donc à : 1) Identifier au sein du système photoneuroendocrine des gènes présentant des variations d'expression dépendantes de la **photopériode** ; 2) Déterminer comment ces gènes régulent les fonctions saisonnières.

Pour cela, nous avons utilisé un modèle photopériodique bien défini, le **hamster Syrien** (*Mesocricetus auratus*). Chez cette espèce, les conditions photopériodiques influencent significativement les fonctions physiologiques et comportementales, en parti-

culier celles liées à la **reproduction** : des hamsters maintenus en conditions de « jours longs » (**LD**) sont sexuellement actifs. Cependant, leur transfert en conditions de « jours courts » (**SD**) conduit en quelques semaines à une forte inhibition de la fonction reproductrice, grâce à des mécanismes dépendant de la **mélatonine** libérée par la glande pinéale.

Tout d'abord, nous avons mis en œuvre 2 stratégies d'analyse et comparaison du transcriptome pour détecter dans l'hypothalamus de hamsters en SD les changements d'expression par rapport à des animaux en LD :

Une variante du « Differential Display », le **Restricted Fragment Differential Display** (**RFDD**) nous a permis de dresser une liste de gènes différentiellement exprimés, parmi lesquels 40 ont été sélectionnés pour l'étape de vérification par hybridation *in-situ* radioactive (**HISr**). Deux gènes ont montré un patron d'expression remarquable : **PIPS** (Per1-interacting

protein of the supra-chiasmatic nucleus), qui est exprimé dans les SCN et les noyaux supraoptiques ; la **neuronatine** qui est exprimée dans de nombreuses structures cérébrales, en particulier dans certains noyaux hypothalamiques dont les SCN. Une étude neuroanatomique a été réalisée pour examiner en détails la distribution de l'expression de la neuronatine. Cependant, pour tous les gènes candidats testés, aucune variation d'expression photopériodique n'a pu être détectée.

Une analyse sur **Puces à ADNc** de souris a été réalisée en parallèle, et une liste de gènes candidats a été générée. Cependant, l'analyse des données et les étapes de validation sont toujours en cours de réalisation.

(Suite page 107)



Thèse présentée pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Louis Pasteur
Strasbourg I

In collaboration with
The Royal Danish School of Pharmacy
Copenhagen, Denmark

Discipline: Neurosciences

par Florent Revel

In Search for Seasonal Genes

*Implication of the KISS-1 / GPR54 System
in the Seasonal Control of Reproduction*

A la Recherche de Gènes Saisonniers

*Implication du Système KISS-1 / GPR54
dans le Contrôle Saisonnier de la Reproduction*

Sortie en public le 28 juin 2006

Membres du jury	
Directeur de Thèse	Mme V Simonneaux, Directeur de Recherche, Strasbourg
Co-Directeur de Thèse	Mr JD Mikkelsen, Directeur de Recherche, Copenhagen
Rapporteur Interne	Mr G Mensah-Nyagan, Professeur des Universités, Strasbourg
Rapporteur Externe	Mr B Malpoux, Directeur de Recherche, Tours
Rapporteur Externe	Mr D Hazlerigg, Associate Professor, Aberdeen
Examineur	Mr L Pénicaud, Directeur de Recherche, Toulouse
Examineur	Mr P Pévet, Directeur de Recherche, Strasbourg

(Suite de la page 106)

En parallèle des approches moléculaires, nous avons recherché dans la **littérature** des gènes décrits dans d'autres contextes physiologiques et dont l'expression pourraient être régulée par la photopériode. Plusieurs gènes ont été identifiés comme candidats, et leur implication dans les fonctions physiologiques saisonnières a été examinée plus en détails. Voici les résultats obtenus pour deux de ces gènes :

Dio2 (Déiodinase de type II). Cette enzyme permet la conversion de la forme T4 de l'hormone thyroïdienne (thyroxine) en sa forme T3 active (triiodothyronine), par suppression d'un atome d'iode. Il a été montré chez les oiseaux que la photopériode courte (SD) inhibe l'expression de la Dio2 au niveau du noyau arqué de l'hypothalamus (ARC) et de l'éminence médiane (ME; Yoshimura *et al.*, 2003).

Nous avons approfondie l'analyse de cette régulation, en démontrant les éléments suivants chez le hamster Syrien (Revel *et al.*, 2006c): **1)** l'expression de Dio2 dans la région ARC / ME est largement supprimée en SD ; **2)** cette régulation ne dépend pas des hormones sexuelles; **3)** cette régulation photopériodique est médiée pas la mélatonine. De plus, l'injection quotidienne de mélatonine à des hamsters en LD suffit à inhiber l'expression de la Dio2 au bout de 7 jours seulement, celle-ci atteignant des niveaux comparables à ceux de hamsters en SD (après 8 semaines) ; **4)** il est bien établi que des hamsters laissés en SD pour une durée prolongée (plus de 25 semaines) deviennent « résistants à la photopériode courte », et sont dits « photoréfractaires » (SD-R). Par un mécanisme d'échappement encore inconnu, leur phénotype redevient alors celui de hamsters laissés en LD, comme illustré par la ré-augmentation de la taille des testicules, témoin de la réactivation de l'activité sexuelle (Goldman, 2001). De façon intéressante, nous avons montré que l'expression de la Dio2 reste inhibée chez des hamsters SD-R, malgré la reprise de l'activité sexuelle.

Globalement, ces résultats indiquent que chez le hamster Syrien, l'expression de la Dio2 dans la région ARC / ME est contrôlée par la photopériode, et ce par le biais de la mélatonine. De plus, il semble que la phase photoréfractaire puisse se développer en l'absence de Dio2, alors qu'un rôle des hormones thyroïdiennes dans ces processus à longtermes été suggéré. Ces nouveaux éléments vont permettre d'aborder le rôle des hormones thyroïdiennes dans le contrôle des processus saisonniers sous un nouvel angle.

KiSS-1. Ce gène est à l'origine d'une famille de peptides appelés **kisspeptines**, qui se lient de manière hautement spécifique à un récepteur à 7 domaines transmembranaires, **GPR54**. Ce système

émergeant, initialement mis en évidence dans le domaine des recherches sur le cancer, a très récemment été impliqué dans la maturation de l'axe sexuel. Il jouerait un rôle clé dans le déclenchement de la puberté, ainsi que dans le bon fonctionnement de l'axe hypothalamo-gonadique chez l'adulte (Murphy, 2005).

Nous avons étendu ces données au domaine de la reproduction saisonnière, et étudié l'expression de KiSS-1 chez le hamster Syrien en fonction de la photopériode. Nous avons ainsi pu montrer que (Revel *et al.*, 2006a; b): **1)** KiSS-1 est exprimé dans le noyau arqué de l'hypothalamus du hamster ; **2)** l'expression de KiSS-1 est inhibée en SD ; **3)** cette inhibition n'est pas due à la chute des taux circulants des hormones gonadiques, consécutive à l'arrêt de l'activité sexuelle ; **4)** cette régulation photopériodique est médiée pas la mélatonine ; **5)** l'administration intracérébroventriculaire chronique (1 mois) de kisspeptine à des hamsters en SD (sexuellement inactifs) est suffisante pour réactiver l'axe sexuel (mesurée par la masse testiculaire et les taux circulants de testostérone), et ce malgré la persistance des conditions SD ; **6)** l'expression de KiSS-1 est rétablie chez des animaux en SD-R.

Ces données suggèrent que KiSS-1 joue un rôle clé dans le contrôle saisonnier de la reproduction. Elles ouvrent non seulement de nouvelles perspectives pour la **compréhension des mécanismes régissant la reproduction saisonnière**, mais offrent aussi un **modèle physiologique bien établi pour étudier le rôle du nouveau système KiSS-1 / GPR54 dans la puberté et la reproduction.**

En conclusion, ces nouvelles données offriront sans doute de nouvelles perspectives pour comprendre comment certains processus physiologiques, notamment la reproduction, sont pilotés à l'échelle du temps saisonnier.

Articles cités :

Goldman B.D. (2001): Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *J Biol Rhythms*, **16**: 283-301.

Murphy K.G. (2005): Kisspeptins: regulators of metastasis and the hypothalamic-pituitary-gonadal axis. *J Neuroendocrinol*, **17**: 519-525.

Revel F.G., M. Saboureau, M. Masson-Pevet, P. Pevet, J.D. Mikkelsen & V. Simonneaux (2006a): Kisspeptin mediates the photoperiodic control of reproduction in hamsters. *Curr Biol*, **16**: 1730-1735.

Revel F.G., M. Saboureau, M. Masson-Pevet, P. Pevet, J.D. Mikkelsen & V. Simonneaux (2006b): KiSS-1: a likely candidate for the photoperiodic control of reproduction in seasonal breeders. *Chronobiol Int*, **23**: 277-287.

Revel F.G., M. Saboureau, P. Pevet, J.D. Mikkelsen & V. Simonneaux (2006c): Melatonin regulates type 2 deiodinase gene expression in the Syrian hamster. *Endocrinology*, **147**: 4680-4687.

Yoshimura T., S. Yasuo, M. Watanabe, M. Iigo, T. Yamamura, K. Hirunagi & S. Ebihara (2003): Light-induced hormone conversion of T4 to T3 regulates photoperiodic response of gonads in birds. *Nature*, **426**: 178-181.

Résumé de thèse

Le glucose est le nutriment utilisé comme source énergétique par tous les tissus. Bien que les apports du glucose puissent varier au cours du temps (par l'alimentation), la glycémie (concentration du glucose dans le sang) reste toujours comprise entre 4.5-6.5 mmol/l. Le maintien de cette concentration en glucose à l'intérieur de limites strictes en dépit des contraintes extérieures est important pour le bon fonctionnement de l'organisme. Le processus mis en jeu pour conserver cette valeur plus ou moins constante est appelé homéostasie. La régulation précise de la glycémie dépend d'un équilibre entre la production/consommation (ou stockage) de glucose. En cas d'hyperglycémie, le glucose pénètre dans les organes tels que les reins, les muscles et surtout le foie pour être stocké sous forme de glycogène (glycogénèse). En cas d'hypoglycémie, le glucose est principalement libéré dans le sang par le foie (glycogénolyse et/ou gluconéogenèse). L'équilibre entre la production et l'utilisation de glucose dépend de plusieurs tissus et est sous le contrôle d'hormones pancréatiques (insuline et le glucagon) et du système nerveux autonome. En plus des mécanismes qui répondent de manière immédiate aux changements abrupts de glycémie, l'efficacité du maintien de l'homéostasie repose également sur la capacité de l'organisme à anticiper les variations extérieures. Ce phénomène d'anticipation, appelé « dawn phenomenon », a été décrit chez l'homme (1984) et les rongeurs (1967), chez qui il a été montré que la concentration en glucose dans le plasma augmente juste avant le début de la période active (tôt le matin pour l'homme, en fin de journée pour les rongeurs à activité nocturne). Ce phénomène d'anticipation repose sur une struc-

ture, les noyaux suprachiasmatiques NSC, localisés dans l'hypothalamus qui est communément appelé l'horloge biologique ou circadienne. Dans ce concept les NSC organisent les paramètres physiologiques et métaboliques en fonction du cycle jour/nuit telle qu'une augmentation de la glycémie, de la

concentration de corticostérone dans le sang et de la température corporelle juste avant le réveil. Cette organisation temporelle du métabolisme et des fonctions physiologiques est un facteur essentiel pour le maintien de la vie des organismes. Jusqu'à maintenant peu d'attention a été portée sur le rôle du système nerveux autonome (SNA) dans la régulation de l'homéostasie du glucose et surtout son rôle dans le phénomène d'anticipation des besoins en glucose juste avant la période active. Dans notre travail, nous nous sommes principalement attaché à répondre à la question de savoir comment l'horloge circadienne contrôle/

régule l'homéostasie du glucose, avec un intérêt particulier sur le rôle du système nerveux autonome. Notre hypothèse était que le message journalier délivré par l'horloge est intégrée par les oscillateurs, localisés dans les organes périphériques (foie), afin de synchroniser la fonctionnalité de chaque organe avec le cycle jour/nuit (homéostasie du glucose).

Les variations journalières des concentrations de glucose dans le plasma présentent un rythme circadien caractérisé par un pic juste avant le début de la période d'activité (i.e., la nuit pour les rongeurs). Pendant longtemps, il a été admis que le profil ryth-



Thèse présentée pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université Louis Pasteur
Strasbourg I

Discipline : Science du Vivant

par **Cathy CAIOTTO**

Les noyaux suprachiasmatiques organisent la
physiologie journalière

*Rôle du système nerveux autonome
et des gènes horloges périphériques*

Soutenue publiquement le 3 Novembre 2006

Membres du Jury

Directeur de Thèse :
Codirecteur de Thèse :
Rapporteur Interne:
Rapporteur Externe:
Rapporteur Externe:
Examineur:

M. P. Pevet, Prof Dr,
ULP, Strasbourg (France)
M. R.M. Buijs, Prof Dr,
UvA, Amsterdam (Pays Bas)
M G. Mensah-Nyagan, Prof Dr.,
ULP, Strasbourg
Mme C. Escobar, Prof Dr.,
Universidad Nacional, México
M J.A. Romijn, Prof Dr.,
Universiteit Leiden, (Pays Bas)
M A. Kalsbeek, Dr.,
NIN, Amsterdam (Pays Bas)

(Suite page 109)

(Suite de la page 108)

mique de la glycémie était une conséquence de la rythmicité de la prise alimentaire. Cependant, lorsque les rats sont entraînés à un régime alimentaire arythmique (i.e., accès à la nourriture tous les 4 heures), le rythme de glycémie reste inchangé ce qui indique un rôle non pas de la prise alimentaire mais de l'horloge. Celle-ci serait responsable de la rythmicité de la concentration de glucose dans le plasma. La question était donc de savoir comment l'horloge génère les variations journalières de la glycémie. Comme il a été démontré que cette augmentation du glucose dans le sang coïncide également à un moment de la journée où la tolérance au glucose par les organes périphérique est élevée, cette hyperglycémie ne pouvaient être expliquée que par une production de glucose au même moment par le foie (principale source de glucose). Pour générer cette hyperglycémie journalière, juste avant la période active, les NSC peuvent agir sur le métabolisme du foie par deux principales voies : la voie hormonale (avec des hormones hyperglycémiantes tel que le glucagon ou la corticostérone) et la voie nerveuse (les deux branches du SNA). Pour des raisons diverses, il est improbable que la voie hormonale soit responsable de cette hyperglycémie journalière. Récemment nous avons démontré que l'activation du nerf sympathique induit une hyperglycémie (Chapitre 4), c'est pour ces raisons que nous avons alors proposé que les NSC via le nerf sympathique participent à la genèse du profil rythmique des concentrations de glucose dans le sang, en induisant une augmentation de la glycémie juste avant la nuit. De plus, nous avons travaillé sur l'hypothèse que ces variations de la glycémie résultaient d'un contrôle de l'horloge sur la fonctionnalité du foie, via les gènes horloges localisées dans les cellules de cet organe (i.e., les gènes horloges génèreraient la rythmicité des enzymes impliquées dans le métabolisme du glucose).

Nous avons effectivement démontré qu'une lésion sélective du nerf sympathique au niveau du foie abolit le rythme du glucose dans le sang, confirmant que le système nerveux autonome (ici spécifiquement le nerf sympathique) est essentiel pour générer les variations journalières de la glycémie. De plus, cette dé-innervation sélective du foie affecte également l'expression rythmique des enzymes hépatiques, contrairement à l'expression des gènes horloges. Ces résultats nous permettent de conclure que les NSC, via les SNA, contrôlent le métabolisme du glucose dans le foie pour générer le rythme du glucose. Cependant l'oscillateur dans le foie ne semble pas directement impliqué dans la genèse du profil circadien de la glycémie (Chapitre 2).

Dû à l'absence de relation entre la rythmicité des gènes horloges et des enzymes impliquées dans le

métabolisme du glucose (voir également Chapitre 6), nous nous sommes alors focalisés sur l'étude du rôle du SNA et de la prise alimentaire dans le maintien de l'expression rythmique des enzymes hépatiques. Nous avons étudié l'expression des enzymes et la concentration du glucose dans le plasma sur 24h après une dénervation complète du foie (nerf sympathique et parasympathique) chez des animaux placés en condition *ad libitum* ou en régime alimentaire arythmique. Avec ces deux approches, nous avons pu identifier les gènes dont la transcription rythmique est régulée par le système nerveux autonome (Pepck) de ceux régulés par la prise alimentaire (G6Pase et Glucokinase). En absence de connexion hypothalamus-foie (via le SNA) la rythmicité de la glycémie est maintenue chez les animaux placés en condition *ad libitum*, indiquant que la prise alimentaire participe également à la genèse de la rythmicité du glucose. En absence de signal rythmique fourni soit par le SNA soit par une prise alimentaire, il est apparu que le rythme de 24h dans les concentrations plasmatiques de glucose était toujours présent. Cela indique qu'un autre signal rythmique contribue au rythme du glucose (la corticostérone ? - Chapitre 4).

Durant le jour (ou jour subjectif en conditions constantes), les NSC envoient un message inhibiteur (par la sécrétion du neurotransmetteur GABA) aux noyaux paraventriculaires de l'hypothalamus (PVN) qui provoque l'inactivation des neurones pré-autonomiques du système sympathique et parasympathique. Récemment, dans notre groupe de recherche il a été démontré que le blocage de ce message inhibiteur, par une infusion d'un antagoniste (bicuculline) de GABA au niveau des PVN, provoque l'activation des neurones pré-autonomiques et induit une augmentation de la glycémie. Bien que l'infusion de bicuculline induit une activation de tous les neurones dans les PVN et par conséquent une augmentation de corticostérone et de glucagon dans le sang (hormones hyperglycémiantes), cette augmentation de glucose dans le sang est complètement absente après une lésion du nerf sympathique spécifique au foie. Nous avons alors proposé que cette stimulation du nerf sympathique affecte l'expression des gènes horloges dans le foie ce qui, en retour, va activer la production/libération de glucose (par le foie) aboutissant alors à une hyperglycémie. Pour valider cette hypothèse, nous avons analysé dans le foie, l'expression des principaux gènes horloges (Per1/2/3, Cry1/2 et DBP) ainsi que l'expression des enzymes impliquées dans le métabolisme du glucose tels que Glucose-6-phosphatase (enzyme qui permet la libération du glucose dans le sang), Glucokinase (enzyme permettant au glucose en excès dans le sang de pénétrer dans le foie pour ensuite être stocké sous forme de glycogène), Pepck (enzyme

(Suite page 110)

(Suite de la page 109)

clé dans la production de glucose par Gluconéogénèse). Cette stimulation massive des neurones localisés dans les PVN nous a permis de ne définir que partiellement l'effet spécifique du nerf sympathique du foie sur l'expression des gènes horloges comme sur les enzymes impliquées dans l'hyperglycémie (Chapitre 4). Nous avons alors changé notre approche expérimentale, en examinant l'activation, par un signal lumineux pendant la nuit, de la voie multisynaptique NSC-PVN-SNA-foie sur le métabolisme du glucose (Chapitre 5). Nous avons pu ainsi observer que l'application d'un signal lumineux d'une heure en début de nuit et/ou en fin de nuit induisent un effet immédiat sur l'expression génique de certains gènes horloges dans différents organes étudiés mais également sur certaines enzymes impliquées dans le métabolisme, tel que Pepck et G6Pase pour le foie, NAT pour la glande pinéal. Cependant aucun lien direct n'a pu être démontré entre l'expression des gènes horloges et des gènes fonctionnels en réponse à l'application d'un créneau lumineux. L'application d'un créneau lumineux en début de nuit (CT 14), nous a permis dans un premier temps de démontrer que cette information lu-

mineuse agit directement sur la physiologie des organes comme la glande pinéal (i.e., stopper la production de la mélatonine), la glande surrénale (induire la sécrétion de corticostérone) et aussi le foie. De plus, nous avons pu démontrer, pour la première fois, que cette information lumineuse, perçue par les NSC, est directement transmise au foie via le SNA et non pas de manière indirecte par une diminution de la mélatonine et/ou une sécrétion de corticostérone.

Pour conclure, l'horloge circadienne peut ajuster/modifier rapidement le métabolisme du foie via le SNA et ce, par rapport aux changements du cycle jour/nuit. Ce mécanisme de « resynchronisation » ne semble pas mettre en jeu l'oscillateur du foie. Sur 24 heures, la genèse du rythme circadien des concentrations plasmatiques de glucose repose sur plusieurs mécanismes, le SNA, la rythmicité de la prise alimentaire et du profile journalier de la concentration de corticostérone dans le plasma. Cependant, un déséquilibre dans le système nerveux autonome (induit par exemple par une dénervation d'une seule branche du SNA) cause une anomalie dans le fonctionnement hépatique ce qui résulte une perte de la rythmicité du glucose.

Gordon Research Conferences

The Gordon Research Conferences provide an international forum for the presentation and discussion of frontier research in the biological, chemical, and physical sciences, and their related technologies.

Chronobiology investigates biological rhythms - predominantly those that correspond to environmental cycles (tidal, daily, lunar or annual). The most intensively investigated biological timing system is the circadian clock. Behaviour, physiology, bio-chemistry, and gene expression are temporally structured over the course of a day, generating daily oscillations at all levels of life.



Behaviour, physiology, bio-chemistry, and gene expression are temporally structured over the course of a day, generating daily oscillations at all levels of life.

Chronobiology : May 6-11, 2007 Aussois, France

Chair: **Till Roenneberg**
Vice Chair: **Joseph S Takahashi**

<http://www.grc.org/programs/2007/chrono.htm>

Influence des facteurs sociaux sur les rythmes circadiens comportementaux des vertébrés non humains

Angélique FAVREAU, Sophie LUMINEAU,

Cécilia HOUDELIER et Marie-Annick RICHARD

UMR 6552 Ethologie Evolution Ecologie, Université de Rennes 1 - CNRS

Introduction

Les rythmes biologiques, dont les propriétés endogènes sont bien connues, sont sous l'influence des facteurs cycliques et prévisibles de l'environnement dans lequel l'animal vit. Ces facteurs furent nommés agents d'entraînement par Pittendrigh, synchroniseurs par Halberg ou encore *zeitgebers* par Aschoff (Reinberg, 2003). Les homéothermes subissent de manière hiérarchique les influences des facteurs environnementaux, le cycle photopériodique étant le facteur le plus synchronisant des rythmes circadiens. Toutefois, d'autres cycles exogènes ont des influences non négligeables sur les rythmes endogènes comme les variations périodiques de température, les cycles de disponibilité alimentaire et les facteurs cycliques sociaux. Alors que le rôle de l'alternance jour/nuit et des variations de température a été mis en évidence dans de nombreux travaux de recherche (par exemple, Hoffmann, 1981; Rajaratnam & Redman, 1998), l'étude de l'influence des facteurs sociaux sur les rythmes comportementaux a été longtemps négligée (revue : Regal & Connolly, 1979; Davidson & Mena-

ker, 2003; Mistlberger & Skene, 2004). Ceci pourrait notamment s'expliquer par les contraintes techniques rencontrées pour récolter les données actigraphiques individuelles d'animaux vivant avec un ou plusieurs congénères. Pourtant, l'ajustement du comportement individuel aux activités des partenaires sociaux, des partenaires sexuels ou encore des congénères familiaux semble fondamental pour une bonne cohésion du groupe social, du couple reproducteur ou du groupe familial. Ainsi, nous proposons d'établir un aperçu de l'état des connaissances actuelles sur l'influence des facteurs sociaux sur les rythmes comportementaux des vertébrés non humains en présentant les différents effets des facteurs sociaux sur ces rythmes et, dans une moindre mesure, les différents types de stimuli impliqués.

1- Une influence marquée des facteurs sociaux sur les rythmes comportementaux

L'entraînement total

L'influence la plus commune des facteurs exogènes sur les rythmes endogènes est l'entraînement total (ou synchronisation totale). Celui-ci est défini

comme une modification de la période endogène du rythme, période qui correspond alors à celle de l'agent entraînant (Pittendrigh, 1981; Boissin & Canguilhem, 1998). Le rythme d'activité d'un individu peut alors être entraîné totalement par l'activité de partenaires sociaux, sexuels ou familiaux.

L'entraînement total par des conspécifiques a été démontré en conditions naturelles au sein de colonies de chauves-souris, *Hipposideros speoris*. Cette espèce cavernicole présente une activité de vol à l'entrée de la grotte 2 h avant le début de la scotophase avant de sortir pour sa phase de chasse nocturne. Un animal maintenu dans une cage au fond d'une grotte non habitée présente rapidement un rythme circadien de vol de libre cours, avec une période inférieure à 24h (Fig. 1a ; Marimuthu et al., 1981). Par contre, une chauve-souris maintenue en captivité dans

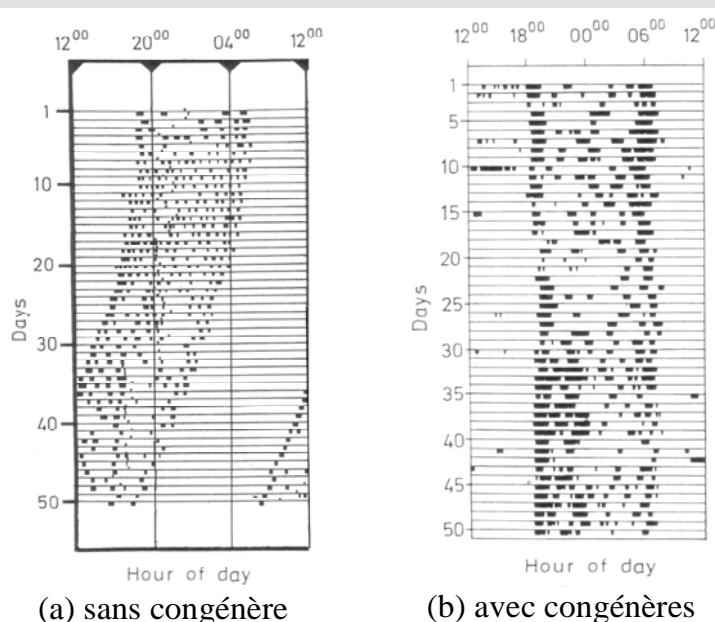


Fig. 1 : Profil de l'activité de vol d'une chauve-souris maintenue captive, pendant 50 jours, à l'intérieur d'une grotte (a) en absence ou (b) en présence de conspécifiques (d'après Marimuthu et al., 1978 et 1981).

(Suite page 112)

(Suite de la page 111)

une grotte habitée par une colonie de chauve-souris montre un rythme journalier de vol de période 24 h, son propre rythme étant alors entraîné par les informations rythmiques sociales des membres de la colonie (Fig. 1b, Marimuthu et al., 1978). Les auteurs supposent que l'entraînement de l'individu captif se ferait via des stimulations acoustiques émanant des congénères tels que les ultrasons, les bruits de battements d'ailes ou encore ceux provenant des mouvements d'air provoqués par le vol.

Le rythme individuel d'activité peut aussi être entraîné par un partenaire unique. Par exemple, la mise en contact direct de deux souris sylvestres (*Peromyscus maniculatus*), dont les rythmes circadiens présentent des périodes différentes, a montré que la souris dominante a entraîné le rythme d'activité de la souris subordonnée (Crowley et Bovet, 1980).

Enfin, de nombreuses études se sont intéressées au rôle synchroniseur (voire organisateur) de la mère sur le rythme journalier de comportement de ses jeunes. En particulier, chez les mammifères nidicoles, il est clairement démontré que le rythme du jeune est entraîné par le rythme de présence/absence de la mère. C'est le cas de jeunes souris de *Booduga* (*Mus booduga*) élevées en conditions constantes (LL ou DD) qui présentent un rythme journalier d'activité de période de 24 h entraîné par le rythme de 12 h de présence et 12 h d'absence de leur mère (Viswanathan & Chandrasekaran, 1985). Le même phénomène a également été observé chez le lapin, espèce chez laquelle la femelle n'effectue qu'une visite quotidienne de 3-4 minutes aux jeunes enfermés dans un terrier. (Jilge, 1993 et 1995). Les lapereaux présentent un rythme d'activité de période de 24 h, avec une anticipation de la visite de la mère qui apparaît dès le 5^{ème} jour de vie, et persiste pendant 48 h même si la mère ne vient pas. Ceci appuie l'hypothèse d'un oscillateur endogène entraîné par la mère dès les premiers jours de vie.

Cette synchronisation des rythmes des jeunes par l'activité de la mère commence dès la phase prénatale. Chez le hamster doré, elle apparaît en phase terminale gestationnelle, entre le 12^{ème} et le 14^{ème} jour de gestation, celle-ci durant 15 jours (Davis & Gorski, 1988 dans Davis & Reppert, 2001). Cette synchronisation mère-jeune persiste quelques jours après le sevrage, jusqu'aux 23^{ème} - 26^{ème} jours de vie chez la souris domestique (*Mus musculus domesticus*), alors que le sevrage a lieu le 18^{ème} jour (Viswanathan, 1999). La mère jouerait donc un rôle transitoire en tant que zeitgeber social. Elle permettrait de synchroniser indirectement les petits à leur environnement et les préparerait ainsi à l'acquisition de leur autonomie en facilitant leur adaptation au

milieu.

Le déterminisme des rythmes des jeunes est complexe et sous l'influence des expériences pré- et post-natales. Chez le hamster sibérien, des femelles gestantes ont été maintenues, pendant toute la durée de la gestation sous un cycle photopériodique LD 16 : 8 ou inversé DL 8 : 16 (Duffield & Ebling, 1998). Dès le jour de la parturition, les mères et leurs jeunes sont maintenus en lumière constante de faible intensité. Dans les deux cas (femelle gestante sous LD ou DL), les rythmes des petits à la naissance étaient synchronisés avec le rythme de leur mère dont le début de phase active correspond à l'extinction du régime photopériodique sous lequel elle était précédemment maintenue. Les auteurs ont ensuite testé l'interaction entre ces effets prénataux et les effets postnataux, en réalisant des adoptions croisées à la naissance. Les petits, issus de femelles gestantes placées en LD ou DL, sont échangés entre groupes expérimentaux le jour de la naissance et placés en conditions de lumière constante. Les petits expriment alors un rythme circadien d'activité locomotrice synchronisé sur le rythme de leur mère adoptive.

La synchronisation mutuelle

Les rythmes d'activité peuvent aussi être fortement influencés par les rythmes de partenaires sous forme d'une synchronisation mutuelle. Ce phénomène correspond à une influence réciproque entre le synchroniseur et le rythme endogène aboutissant à l'adoption d'une même période, dont la valeur est intermédiaire entre les périodes des deux rythmes initiaux.

En conditions lumineuses naturelles, deux meutes (meute 1 et meute 2) d'hybrides loup rouge/coyote (hybrides entre *Canis niger* et *Canis latrans*) subissent le même traitement expérimental : les femelles et les mâles sont séparés pendant trois mois. Lors de cette séparation, les rythmes journaliers d'activité générale des quatre groupes mono-sexués diffèrent significativement. Les mâles de la meute 1 montrent une activité journalière unimodale, alors que les autres sous-groupes présentent une activité bimodale propre à chaque sous-groupe. De plus, les débuts et fins de phase active diffèrent significativement entre les sous-groupes. Lorsqu'on les réunit, la différence de rythme entre les animaux des deux sexes au sein d'une meute diminue. Les rythmes d'activité des membres d'un même groupe social tendent donc à se synchroniser mutuellement (Roper & Ryon, 1977).

Une telle synchronisation mutuelle au sein de groupes sociaux est un phénomène qui permettrait d'expliquer certaines synchronisations observées en milieu naturel et qui semblent être dépendantes de facteurs liés au groupe, telles que la taille ou la sta-

(Suite page 113)

(Suite de la page 112)

bilité du groupe. Chez une espèce de poisson vivant en banc, le choquemort (*Fundulus heteroclitus*), Kavaliers (1980) explique la synchronisation entre les activités des différents individus par ce phénomène de synchronisation mutuelle. De plus, elle serait proportionnelle à la taille du groupe: plus le banc est de taille importante, plus la synchronisation mutuelle est forte. Enfin, en conditions naturelles, des familles de castors (*Castor canadensis*) s'abritent l'hiver dans un terrier recouvert de glace et de neige, où la température est constante et la luminosité faible tout au long de la saison. Bovet et Oertli (1974) ont démontré que ces animaux ont un rythme comportemental d'une période de 24 h pendant l'été et que, pendant l'hiver, ils sont en libre cours avec un rythme d'une période de 27 h. Ce rythme est homogène pour tous les membres d'une même famille. Même si ce rythme commun pourrait refléter une période endogène identique au sein d'une même famille, les auteurs posent l'hypothèse que ce rythme résulte d'une synchronisation mutuelle des membres de la famille. Enfin, il est d'autant plus stable que la structure du groupe est elle-même stable.

La « désynchronisation » des rythmes comportementaux

L'activité d'un congénère peut avoir une forte influence sur l'activité d'un autre individu, non pas en l'entraînant ou le synchronisant mais en le désynchronisant. La désynchronisation sociale a été démontrée dans les cas où la vie sociale est régie par une organisation hiérarchique. Les relations hiérarchiques qui lient deux individus peuvent avoir des conséquences sur les effets des facteurs sociaux sur les rythmes individuels. Alors que précédemment nous avons vu que l'activité d'une souris Sylvestre dominante pouvait entraîner l'activité d'une subordonnée (Crowley & Bovet, 1980), dans la plupart des cas, les rythmes d'activité des dominants et subordonnés se retrouvent désynchronisés. L'individu subordonné évite les contacts sociaux avec les animaux dominants et donc désynchronise son

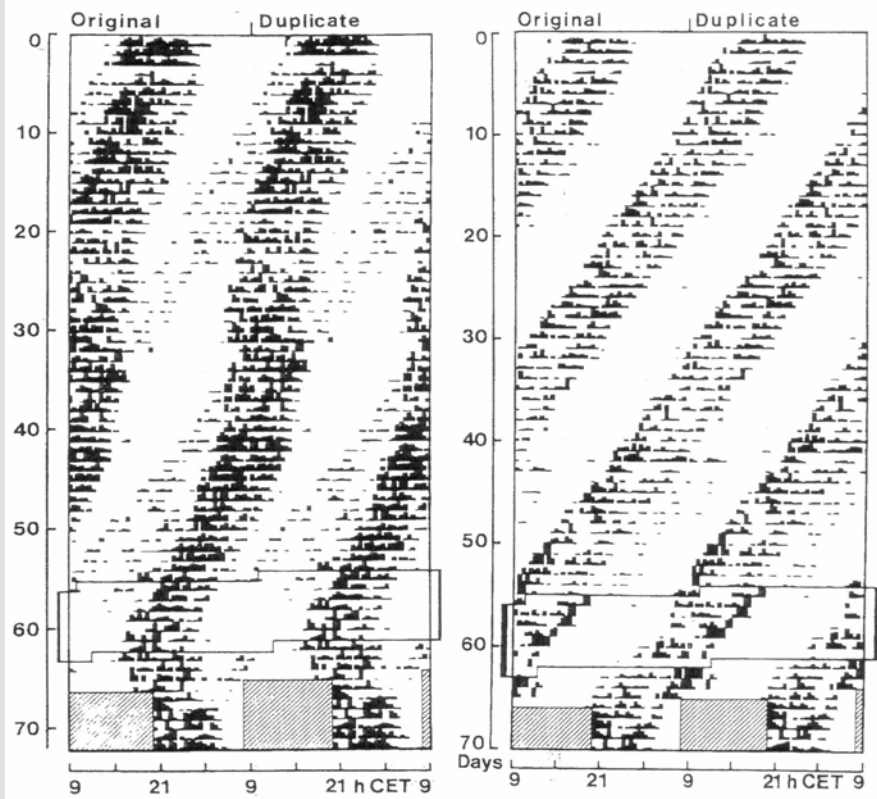


Fig. 2 : Rythme circadien d'activité en libre cours chez un mâle (à gauche) et une femelle (à droite) ouistitis à toupet blanc. La femelle présente un rythme de libre cours avec une unique composante ($t = 23,3h$). Le mâle, en présence de la femelle, exprime un rythme à deux composantes dont l'une est de même période que la femelle (cas de division du rythme). De plus, on observe une coordination relative du 2^{ème} au 20^{ème} jour et du 30^{ème} au 45^{ème} jour environ. L'une des deux composantes disparaît lors du retrait de la femelle (dans l'encadré du bas) ce qui caractérise un effet de masque et nous amène à parler de pseudo-division du rythme (Erkert et al., 1986).

rythme d'activité. Ceci a été démontré chez le rat (Calhoun, 1962 dans Regal & Connolly, 1979) et la souris domestique (Crowcroft & Rowe, 1963 dans Regal & Connolly, 1979): les souris subordonnées évitent le contact avec les individus dominants en décalant leurs activités à différents moments de la scotophase, voire en devenant diurnes.

2- Une plus faible efficacité des facteurs sociaux

L'entraînement partiel

Il existe des cas où l'entraînement n'est que partiel, c'est-à-dire que, sous l'influence d'un facteur cyclique exogène, une partie du système rythmique reste en libre cours alors que l'autre partie est entraînée (Aschoff, 1981). En obscurité constante, la

(Suite page 114)

(Suite de la page 113)

femelle dègue (*Octodon degus*), exprime un entraînement partiel lorsqu'elle est en présence d'un congénère de même sexe entraîné par une heure de lumière (Goel & Lee, 1997b). Le contact direct avec une femelle pendant 1 h chaque jour entraîne un rythme d'activité locomotrice de période 24h chez la femelle placée en libre cours alors qu'elle continue à exprimer un rythme de libre cours d'activité locomotrice de période inférieure à 24 h. Le facteur social correspondrait donc à un agent synchronisant d'une puissance trop faible pour induire un entraînement total. Les auteurs supposent qu'au niveau adaptatif, il serait plus efficace de coupler les informations lumineuses et sociales afin de se synchroniser au mieux à l'environnement, plutôt que de tenir compte uniquement de l'une ou l'autre des informations.

La coordination relative et l'effet de masque

Deux autres types d'effets de faible efficacité peuvent être notés. Tout d'abord, la coordination relative est caractérisée par une modification temporaire (sur quelques cycles) de la période du rythme sous l'influence d'un synchroniseur, lorsque les rythmes endogène et exogène se retrouvent en phase (Daan & Aschoff, 2001). Ensuite, les effets de masque miment les effets d'un entraînement mais ne correspondent qu'à un changement apparent du rythme car, en réalité, l'horloge interne maintient un fonctionnement normal et seule la sortie comportementale est modifiée (Aschoff, 1981 ; Boissin & Canguilhem, 1998 ; Daan & Aschoff, 2001). De tels effets des facteurs sociaux sur les rythmes individuels ont été démontrés chez le oisiti à toupet blanc, *Callithrix jacchus* (Erkert et al., 1986). Un mâle, en présence d'une femelle, présente une coordination relative en exprimant la période du rythme circadien d'activité de la femelle (Fig. 2). De plus, en présence de la femelle, le mâle exprime un rythme avec deux composantes rythmiques différentes, l'une correspondant à celle de la femelle. Dès que l'on retire la femelle, la composante liée à sa présence disparaît. Ce phénomène confirme que le zeitgeber social n'a pas un effet de division mais de pseudo-division, attribuable à un effet de masque.

De tels effets de masque ont pu être observés aussi entre partenaires sexuels. Par exemple, des hamsters dorés mâles aveugles présentent un entraînement de leur activité, qui n'est qu'un effet de masque, par la présentation quotidienne de femelles entraînées par un cycle jour/nuit (Aschoff & Von Goetz, 1988). Enfin, chez le phalanger volant (*Petaurus breviceps*), la mise en contact d'un mâle et une femelle, maintenus sous les mêmes conditions photopériodiques (LD 14 :10), provoque la synchronisation de leur activité, alors qu'en condi-

tions de libre cours, elle n'entraîne aucune influence sur leurs rythmes individuels. Ces observations mettent en évidence un effet de masque de la lumière sur les influences sociales (Kleinknecht, 1985).

3- Une absence d'influence sociale sur les rythmes comportementaux

Nous avons vu précédemment que les facteurs sociaux en provenance des congénères pouvaient avoir une influence plus ou moins marquée sur les rythmes comportementaux d'un individu. Toutefois, il existe des cas où aucun effet n'est constaté entre partenaires sociaux ou sexuels. Par exemple, deux mâles de hamster doré, dont un a été rendu aveugle par énucléation bilatérale, ont été mis en contact direct sous un régime photopériodique (Refinetti et al., 1992). Le mâle intact montre un rythme d'activité synchronisé à l'alternance jour / nuit alors que le mâle aveugle présente une activité circadienne de libre cours. Dans ce cas, il n'existe aucune influence réciproque entre ces deux sujets. Ces résultats sont contradictoires avec ceux que nous venons de voir où des femelles pouvaient influencer le rythme de mâles hamsters dorés (Aschoff & Von Goetz, 1988). Ces éléments soulignent l'importance de la nature de la relation existant entre les conspécifiques pour interpréter les influences sociales sur les rythmes. Dans ce précédent cas, l'influence entre partenaires sexuels est testée alors qu'ici les auteurs considèrent l'influence entre partenaires sociaux. Cette absence d'influence des facteurs sociaux sur les rythmes pourrait être attribuable au mode de vie solitaire de l'espèce, qui rendrait insensible l'animal solitaire aux informations sociales. Par la suite, Gattermann et Weinandy (1997) ont testé les capacités d'entraînement entre conspécifiques de deux espèces de rongeurs, qui différaient par leur mode de vie sociale : le hamster doré, solitaire, et la gerbille de Mongolie, sociale. Chez les deux espèces, les influences sociales sur l'organisation temporelle des comportements n'ont pas été significatives. Cette absence d'influences sociales sur les rythmes individuels a aussi été démontré chez le singe écureuil (*Saimiri sciureus*) dont le mode de vie est pourtant social (Sulzmann et al., 1977).

Pour finir, l'absence d'influence sociale sur les rythmes comportementaux peut également se retrouver entre partenaires sexuels. En effet, chez le hamster doré, des mâles et femelles adultes, mis en contact alors qu'ils présentent un décalage de phase de 180° et qu'ils sont maintenus en obscurité constante, ne s'influencent pas mutuellement au niveau de leur rythme circadien de veille/sommeil (Davis et al., 1987). De même, chez le phalanger volant, un mâle et une femelle, mis en contact en condition de lumière continue, ne synchronisent pas leurs ryth-

(Suite page 115)

(Suite de la page 114)

mes circadiens d'activité. Ils expriment des rythmes de libre cours avec une période propre à chacun (Kleinknecht, 1985).

4- Les facteurs impliqués dans l'influence sociale

Les stimuli olfactifs

Le rôle des stimuli olfactifs dans l'influence des signaux sociaux sur les rythmes comportementaux individuels a été étudié essentiellement chez les mammifères, chez lesquels la communication chimique est prédominante. Goel et Lee (1995 a, b et 1996) ont mis en évidence que des facteurs sociaux permettent l'accélération du taux de ré-entraînement chez les dègues femelles présentant une avance de phase de 6 h. En 1997 (Goel & Lee 1997a), elles ont démontré qu'une bulbectomie supprime l'accélération du taux de ré-entraînement liée à la présence de facteurs sociaux chez les femelles en avance de phase mais n'altèrent pas le ré-entraînement lié aux cycles lumineux lorsqu'ils sont les seuls facteurs disponibles. Il est aussi apparu que les stimuli olfactifs provenant de femelles distantes, entraînées à un cycle photopériodique (LD 12 : 12), sont suffisants pour provoquer une augmentation du taux de ré-entraînement (Goel & Lee, 1997b). De plus, les performances obtenues sont similaires à celles présentées dans le cas de deux femelles élevées dans une même cage. Enfin, des pulses quotidiens d'odeurs de femelles conspécifiques, pouvant durer 1 h ou 3 h, ont provoqué efficacement un entraînement temporaire, voire total, sur un rythme de période égale à 24 h (Governale & Lee, 2001).

Les stimuli auditifs

L'influence des stimuli auditifs en tant que média-

teurs de la synchronisation des rythmes comportementaux a été démontrée principalement chez les oiseaux et certains mammifères chez lesquelles la communication acoustique joue un rôle essentiel dans les relations sociales.

Dès 1966, Menaker et Eskin ont diffusé quotidiennement le play-back du chant de conspécifiques, pendant 2 h, à des moineaux domestiques mâles (*Passer domesticus*) maintenus sous une faible luminosité et à une température constante. Trois oiseaux sur 10 présentent un net entraînement de leur rythme circadien d'activité locomotrice et 7 sur 10 montrent un certain degré de modulation de leur période (Fig. 3). Gwinner (1967) a procédé à des expériences similaires chez le tarin des aulnes (*Carduelis spinus*) et le serin cini (*Serinus serinus*). Des femelles, maintenues en isolement acoustique, entendaient sur un cycle de 24 h, 12 h

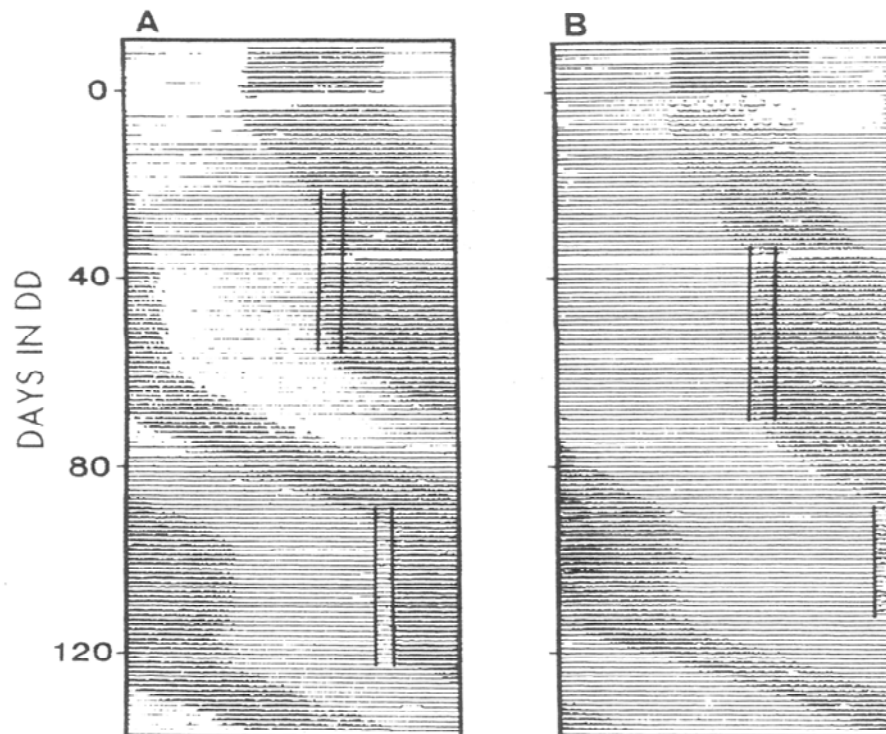


Fig. 3 : Actogramme d'activité locomotrice de deux moineaux domestiques maintenus en obscurité constante (DD) et exposés à la diffusion de 2 h de chants de conspécifiques (lignes verticales du haut) et à 1,5 h de bruits blancs (lignes verticales du bas). Chaque ligne horizontale représente 24 h. Les deux individus expriment un entraînement aux deux stimuli (Menaker et Eskin, 1966).

de silence et 12 h de diffusion de chants de conspécifiques. Les résultats démontrent les effets synchronisant des chants de conspécifiques sur les rythmes circadiens de l'activité locomotrice des femelles. Néanmoins, une étude ultérieure montre que les oiseaux peuvent être aussi entraî-

(Suite page 116)

(Suite de la page 115)

nés par des diffusions périodiques de bruits blancs, bruits qui englobent tout le spectre de fréquences (Reebs, 1989). Ceci fait apparaître un doute sur l'influence réelle des facteurs sociaux. Reebs (1989) suppose alors que c'est la perturbation du sommeil qui aurait pu jouer un rôle. Ces derniers résultats sont cependant à nuancer car aucune autre étude sur la privation du sommeil n'a permis de les confirmer (Davidson & Menaker, 2003).

Les influences sociales seraient aussi médiées par des stimuli acoustiques chez certains mammifères. Comme nous l'avons décrit précédemment, des ouistitis à toupet blanc mâles (*Callithrix jacchus*) réunis dans le même local, sans contact physique et visuel, montrent une coordination relative de leur rythme circadien d'activité à l'aide de signaux sonores (Erkert et al., 1986). De plus, chez cette espèce, il existe une grande variabilité inter-individuelle dans l'effet des zeitgebers sociaux. Ainsi, certains individus vont répondre à des stimuli acoustiques présentés seuls alors que d'autres nécessitent un contact physique (Erkert & Schardt, 1991).

Le stress social

Le stress social correspond à un contact conflictuel entre deux partenaires sociaux (ou plus) et peut provoquer une modification de leur organisation temporelle. Des rats mâles, élevés en cage individuelles, sont mis en contact direct avec un rat agressif. L'attaque effectuée par ce mâle provoque un stress social chez les animaux testés. Un unique conflit social appliqué lors de la scotophase d'un cycle LD 12 : 12 provoque une diminution d'amplitude du rythme circadien d'activité locomotrice (Meerlo et al., 1996). Cet effet peut persister jusqu'à 3 semaines après le stress social chez certains mâles, alors que d'autres individus n'expriment qu'une faible variation comportementale (Meerlo et al., 1999). Il semblerait que cette variabilité inter-individuelle s'explique par la capacité plus ou moins grande d'un individu à répondre à ce stress social : les rats montrant la plus faible perturbation de leur rythme circadien d'activité locomotrice sont ceux qui répondent à l'attaque.

Conclusion

Cette revue bibliographique fait donc état d'une grande diversité d'effets possibles des facteurs sociaux sur les rythmes individuels, diversité telle qu'aucun schéma général d'influences ne peut être établi. Cette grande variabilité des effets est encore à explorer et cette tâche s'avère d'autant plus complexe que de nombreux facteurs de variation sont à prendre en compte. En premier lieu, est à considérer le mode de vie social de l'animal, mode de vie qui peut, chez certaines espèces, varier au cours du cycle biologique annuel. En second lieu, le type de la relation interindividuelle testée est à préciser : les

signaux sociaux testés émanent-ils d'un partenaire social, sexuel ou familial ? En troisième lieu, la nature de la relation sociale impliquée entre les animaux pourrait aussi faire varier les effets : les partenaires sociaux sont-ils liés par une relation hiérarchisée (dominance/subordination), par une relation affinitaire (définie par des proximités privilégiées au sein d'un groupe) ou encore par une relation de leadership (un individu leader initiant l'activité sans être pour autant le dominant) ? Les partenaires impliqués dans l'interaction sont-ils familiers ou non, apparentés ou non ? Enfin, peuvent être pris en compte des différences interindividuelles comportementales (liées à son tempérament par exemple) ou physiologiques sur les effets des congénères sur les rythmes. Un individu pourrait être plus ou moins réceptif aux stimuli sociaux et donc plus ou moins enclin à y répondre. Devant cette complexité des interactions sociales, une caractérisation plus précise des liens sociaux pourrait nous permettre de mieux comprendre la diversité des effets des facteurs sociaux sur les phénomènes rythmiques.

Références

Aschoff J., 1981- Chap.6: *Freerunning and entrained circadian rhythms, biological rhythms*. In : *Handbook of Behavioural Neurobiology*. Ed Aschoff J.; Plenum press, New York and London, pp. 80-94.

Aschoff J. & Von Goetz C., 1988. *Masking of circadian activity rhythms in male golden hamsters by the presence of females*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **22** : 409-412.

Boissin J. & Canguilhem B., 1998. *Les rythmes du vivant, Origine et contrôle des rythmes biologiques*. Editions Nathan Université et Edition CNRS, Paris, 320 p.

Bovet J. & Oertli E.F., 1974. *Free-running circadian activity rhythms in free-living beaver (Castor canadensis)*. *J. Comp. Physiol.* **92** : 1-10.

Crowley M. & Bovet J., 1980. *Social synchronization of circadian rhythms in deer mice (peromyscus maniculatus)*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **7**: 99-105.

Daan S. & Aschoff J., 2001-Chap.1 : *The Entrainment of Circadian Systems*. In : *Circadian Clocks, Volume 12 of Handbook of Behavioral Neurobiology* ; Ed Takahashi J.S., Turek F.W. and Moore R.Y. ; Kluwer Academic / Plenum press, New York, pp. 7-43.

Davidson A.J. & Menaker M., 2003. *Birds of a feather clock together – sometimes: social synchronization of circadian rhythms*. *Curr. Opin. Neurobiol.* **13** : 765-769.

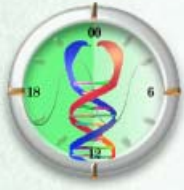
Davis F.C., Stice S. & Menaker M., 1987. *Activity and reproductive state in the hamster: independent control by social stimuli and a circadian pacemaker*. *Physiol. Behav.* **40** : 583-590.

Davis S.C. & Reppert S., 2001- Chap.9: *Development of mammalian circadian rhythms*. In: *Handbook of Behavioral Neurobiology, Vol. 12, Circadian Clocks*. Eds Takahashi J.S., Turk S.W. & Moore R.Y. ; Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, pp. 246-290.

(Suite page 117)

(Suite de la page 116)

- Duffield G.E. & Ebling F.J.P., 1998. Maternal Entrainment of the Developing Circadian System in the Siberian Hamster (*Phodopus sungorus*). *J. Biol. Rhythms* **13** (4) : 315-329.
- Erkert H.G., Nagel B. & Stephani I., 1986. Light and social effects on the free-running rhythm in common marmosets (*Callithrix jacchus*; Primates): social masking, pseudo-splitting, and relative coordination. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **18** : 443-452.
- Erkert H.G. & Schardt U., 1991. Social entrainment of circadian activity rhythms in common marmosets, *Callithrix j. jacchus* (Primates). *Ethology* **87** : 189-202.
- Gattermann R. & Weinandy R., 1997. Lack of social entrainment of circadian activity rhythms in the solitary golden hamster and in the highly social Mongolian gerbil. *Biol. Rhyth. Res.*, Vol. **28**, supplement: 85-93.
- Goel N. & Lee T.M., 1995 a. Sex differences and effects of social cues on daily rhythms following phase advances in *Octodon degus*. *Physiol. Behav.* **58** : 205-213.
- Goel N. & Lee T.M., 1995 b. Social cues accelerate reentrainment of circadian rhythms in diurnal female *Octodon degus* (Rodentia-Octodontidae). *Chronobiol. Intern.* **12** : 311-323.
- Goel N. & Lee T.M., 1996. Relationship of circadian activity and social behaviors to reentrainment rates in diurnal *Octodon degus* (Rodentia). *Physiol. Behav.* **59** : 817-826.
- Goel N. & Lee T.M., 1997a. Olfactory bulbectomy impedes social but not photic reentrainment of circadian rhythms in female *Octodon degus*. *J. Biol. Rhythms* **12** : 362-370.
- Goel N. & Lee T.M., 1997b. Social cues modulate free-running circadian activity rhythms in the diurnal rodent, *Octodon degus*. *Am. J. Physiol.* **273** : R797-R804.
- Governale M.M. & Lee T.M., 2001. Olfactory cues accelerate reentrainment following phase shifts and entrain free-running rhythms in female *Octodon degus* (Rodentia). *J. Biol. Rhythms* **16** : 489-501.
- Gwinner E., 1967. Periodicity of a circadian rhythm in birds by species-specific song cycles. *Experientia* **22** : 765-766.
- Hoffmann K., 1981. Chap. 23 : Photoperiodism in Vertebrates. In : *Handbook of Behavioural Neurobiology*. Ed Aschoff J.; Plenum press, New York and London, pp. 449-473.
- Honrado G.I. & Mrosovsky N., 1991. Interaction between periodic socio-sexual cues and light-dark cycles in controlling the phasing of activity rhythms in golden hamsters. *Ethol. Ecol. Evo.* **3** : 221-231.
- Jilge B., 1993. The ontogeny of circadian rhythms in the rabbit. *J. Biol. Rhythm* **8** : 247-260.
- Jilge B., 1995. Ontogeny of the rabbit's circadian rhythms without an external zeitgeber. *Physiol. Behav.* **58** : 131-140.
- Kavaliers M., 1980. Social groupings and circadian activity of the killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Biol. Bull.* **158** : 69-76.
- Kleinknecht S., 1985. Lack of social entrainment of free-running circadian activity rhythms in the Australian sugar glider (*Petaurus breviceps*: Marsupialia). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **16** : 189-193.
- Marimuthu G., Subbaraj R. & Chandrashekar M.K., 1978. Social synchronization of the activity rhythm in a cave-dwelling insectivorous bat. *Naturwissenschaften* **65** : 600.
- Marimuthu G., Rajan S. & Chandrashekar M.K., 1981. Social entrainment of the circadian rhythm in the flight activity of the Microchiropteran bat *Hipposideros speoris*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **8** : 147-150.
- Meerlo P., DeBoer S.F., Koolhaas J.M., Daan S. & Van Den Hoofdakker R.H., 1996. Changes in daily rhythms of body temperature and activity after a single social defeat in rats. *Physiol. Behav.* **59**(4/5) : 735-739.
- Meerlo P., Sgoifo A., De Boer S.F. & Koolhaas J.M., 1999. Long-lasting consequences of a social conflict in rats : behavior during the interaction predicts subsequent changes in daily rhythms heart rate, temperature, and activity. *Behav. Neurosc.* **113**(6) : 1283-1290.
- Menaker M. & Eskin A., 1966. Entrainment of circadian rhythms by sound in *Passer domesticus*. *Science* **154** : 1579-1581.
- Mistlberger RE, Skene DJ. Social influences on mammalian circadian rhythms: animal and human studies. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2004 Aug;79(3):533-56. Review.
- Pittendrigh C.S., 1981. Chap. 7: Circadian systems : Entrainment. In : *Handbook of Behavioral Neurobiology*. Ed Aschoff J.; Plenum Press, New York and London, pp. 95-124.
- Rajaratnam S.M. & Redman J.R., 1998. Entrainment of activity rhythms to temperature cycles in diurnal palm squirrels. *Physiol. Behav.* **63** : 271-277.
- Reebs S.G., 1989. Acoustical entrainment of circadian activity rhythms in house sparrows: constant light is not necessary. *Ethology* **80** : 172-181.
- Refinetti R., Nelson D.E. & Menaker M., 1992. Social stimuli fail to act as entraining agents of circadian rhythms in the golden hamster. *J. Comp. Physiol. [A]* **170** : 181-187.
- Regal P.J & Connolly M.S., 1979. Social influences on biological rhythms. *Behaviour* **72**: 171-198.
- Reinberg A.E., 2003. *Chronobiologie médicale, Chronothérapeutique*. Médecine-France Flammarion, Paris, 298 p.
- Roper T.J. & Ryon J., 1977. Mutual synchronisation of diurnal activity rhythms in groups of Red wolf/coyote hybrids. *J. Zool., London*, **182** : 177-185.
- Sulzman F.M., C.A. Fuller & M.C. Moore-Ede, 1977. Environmental synchronizers of squirrel monkey circadian rhythms. *J. Appl. Physiol.* **43** : 795-800.
- Viswanathan N. & Chandrashekar M.K., 1985. Cycles of presence and absence of mother mouse entrain the circadian clock of pups. *Nature* **317** : 530-531.
- Viswanathan N., 1999. Maternal entrainment in the circadian activity rhythm of laboratory mouse (C57BL/6J). *Physiol. Behav.* **68** : 157-162.



The Second International Congress of Applied Chronobiology and Chronomedicine

March 23-28, 2007 Hotel Melia El Mouradi, Tunis-Gammarth, Tunisia

WELCOME TO CHRONOMEDICINE2007.ORG



Abstract Submission Deadline: November 30th, 2006.

Early Registration Deadline: January 15th, 2007.

Course on Medical Chronobiology : March 23rd, 2007.

Opening Ceremony and Welcome Reception: March 23rd, 2007 at 6:00 pm.

Evening Business Meeting for the Societies: March 25th, 2007.

Socio-cultural excursions: March 25th and 26th, 2007 from 2:30 to 6:30 pm.

Gala Dinner: March 27th, 2007 at 9:00 pm.

Closure: March 28th, 2007 at 12:30.



For more information: Congress Secretariat

Tel : +216 73 462 200 Office 464

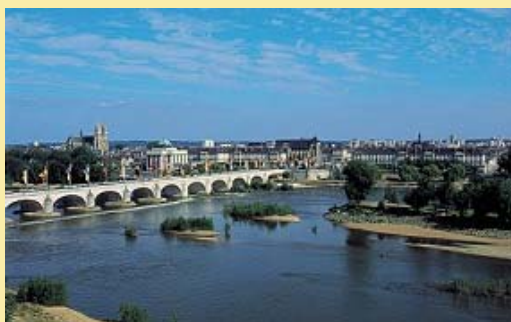
Fax : +216 73 460 737

E-mail : naboughattas@yahoo.fr

<http://www.chronomedicine2007.org/>



Le 34^{ème} colloque de la Société de Neuroendocrinologie (SNE)



se déroulera à Tours du 25 au 27 septembre 2007



worldsleep07
 5th World Sleep Congress
 of the WFSS/SMS
Cairns Australia
 2-6 September 2007

<http://www.worldsleep07.com/>



IBRO WORLD CONGRESS OF NEUROSCIENCE
MELBOURNE AUSTRALIA JULY 12-17 2007

<http://www.ibro2007.org/>

Call for abstracts deadline 31 January 2007

21 September 2006: Online abstract submission is now available <http://www.ibro2007.org/abstracts.html>

23 July 2006: Online registration is now available . <http://www.ibro2007.org/registration.html>

Satellite Meeting Adelaide 7-10 July:


From molecular clocks to human health

Paul Pevet, University of Strasbourg; David Kennaway, University of Adelaide

pevet@neurochem.u-strasbg.fr
david.kennaway@adelaide.edu.au

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 Fabienne Aujard, rédactrice 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 fabienne.aujard@wanadoo.fr avec copie à jean-francois.vibert@upmc.fr et beau@vjf.inserm.fr.

Fabienne Aujard
Jacques Beau
Jean-François Vibert

Société Francophone de Chronobiologie

Président	Paul Pévet pevet@neurochem.u-strasbg.fr
Vice président	Bruno Claustrat bruno.claustrat@chu-lyon.fr
Secrétaire général	Etienne Challet challet@neurochem.u-strasbg.fr
Secrétaire adjointe	Sophie Lumineau Sophie.Lumineau@univ-rennes1.fr
Trésorière	Fabienne Aujard fabienne.aujard@wanadoo.fr
Trésorière adjointe	Berthe Vivien-Roels Berthe.vivien@free.fr

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

Ont contribué à ce numéro

Fabienne Aujard
Lucien Baillaud
Jacques Beau
Etienne Challet
Angélique Favreau
Cécilia Houdelier
Sophie Lumineau
Bernard Millet
Paul Pévet
Marie-Annick Richard
Jean-François Vibert

Rythmes est édité par la Société Francophone de Chronobiologie, Siège Social : Faculté des Sciences et Techniques. Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée, 23 rue du Dr Paul Michelon, 42023 Saint-Étienne Cedex 2. Directeur de la publication : Paul Pévet. Rédactrice en chef : Fabienne Aujard. Comité de rédaction : Fabienne Aujard, Jacques Beau, Jean-François Vibert. Réalisation : Jacques Beau et Jean-François Vibert. Impression : Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

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