

RYTHMES

ÉDITORIAL

Le Premier Congrès Mondial de Chronobiologie à Sapporo, Japon.

Le 1^{er} Congrès Mondial de la Fédération des sociétés Internationales de Chronobiologie s'est tenu du 9 au 12 Septembre à Sapporo organisé par le Professeur Ken-Chi Honma et son comité d'organisation. Près de 600 participants du monde entier avaient fait le déplacement pour cette « première », avec bien évidemment une très importante participation Japonnaise. En ce qui concerne la participation Française nous étions 12 inscrits ! Il est vrai que le déplacement était long et coûteux mais je dois quand même préciser qu'un certain nombre de bourses proposées aux plus jeunes n'ont pas été demandées ou ont été attribuées au dernier moment.

Le format du congrès faisait appel à des conférences invitées soit sous forme de « lectures » (8), soit au cours de symposia (18) organisés par les différentes sociétés constitutives de la Fédération Mondiale, et à des communications affichées.

Je retiendrais tout particulièrement de ce congrès la forte domination des travaux fondamentaux sur les gènes de l'horloge, qui pourrait être l'une des explications du regain d'intérêt pour l'étude des rythmes.

La très forte implication de l'industrie pharmaceutique ou de fournisseurs de matériel était aussi à noter car elle semble beaucoup plus impliquée dans le champ de la chronobiologie que chez nous ! Il est surprenant de constater le réel décalage d'intérêts financiers et d'implications dans le domaine de l'étude des rythmes biologiques entre la France et d'autres na-

(Suite page 2)

<http://www.univ-st-etienne.fr/>

Sommaire

Editorial	1
36 ^{ème} Congrès SFC	2
Cycles lunaires et rythmes biologiques	3
Fiche Annuaire	22
Prix jeune chercheur	23
Chronobiologistes...	24



(Suite de la page 1)

tions comme les USA ou le Japon. Si la France a pu être, à un moment, un leader dans le domaine de la chronobiologie, j'ai très nettement ressenti, avec d'autres, le « retard » que nous sommes déjà en train de prendre. Peut être est-il déjà trop tard pour se poser des questions sur l'avenir de la chronobiologie en France ?

Notre prochain congrès National aura lieu à Rennes les 17-19 mai 2004 organisé par Catherine Guyomarch et son équipe. En espérant que ces lignes ne vous parviennent pas trop tard, je vous encourage donc à venir nombreux et à participer à ce congrès, lieu traditionnel de débats et d'échanges transversaux sur la chronobiologie. Je me permets également de rappeler aux responsables d'équipes de penser dès à présent au prix du jeune chercheur 2004 dont l'annonce figure dans ce numéro.

Pr. Bernard BRUGUEROLLE

36^{ème} CONGRES DE LA SOCIETE FRANCOPHONE DE CHRONOBIOLOGIE

17-19 mai 2004 à RENNES (Ille-et-Vilaine)

Thèmes scientifiques prévus :

- ⌚ Enregistrement, analyse et modélisation des rythmes biologiques
- ⌚ Déterminisme génétique et hormonal des rythmes
- ⌚ Entraînement et désynchronisation
- ⌚ Chronopharmacologie et Chronothérapie
- ⌚ Développement et Vieillesse
- ⌚ Rythmes biologiques et vie sociale
- ⌚ Chronobiologie et activités sportives
- ⌚ Rythmes comportementaux
- ⌚ Organisation temporelle et bien-être

Date limite pour les abstracts
15 MARS 2004



Pour tous renseignements et inscription, s'adresser à

Catherine GUYOMARC'H ou Sophie LUMINEAU
UMR 6552 *Ethologie Evolution Ecologie*—CNRS
Université de Rennes—Campus de Beaulieu
Avenue du Général Leclerc
35042 Rennes Cedex

Lieu du Congrès : Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - Avenue du Général Leclerc - 35 042 RENNES Cedex

Frais d'inscription : Membre de la SFC : 50 €
Non membre : 75 €
Etudiant : 25 €

Tel : 02 23 23 61 55 ou 02 23 23 68 36

Fax : 02 23 23 69 27

catherine.guyomarch@univ-rennes1.fr ou
sophie.lumineau@univ-rennes1.fr

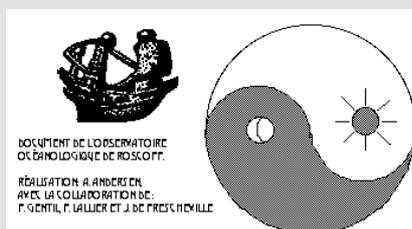
Cycles lunaires et rythmes biologiques

Lucien Baillaud

Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand,
3, boulevard Lafayette, F-63000 Clermont-Ferrand

RÉSUMÉ. Le balancement des marées soumet les êtres vivants à une série de cycles écologiques de grande importance biologique : les organismes vivant dans de telles conditions présentent une grande diversité chronobiologique, aux manifestations très variées notamment selon leur situation dans la chaîne alimentaire (algues autotrophes ou animaux). On a également observé chez certains animaux continentaux, des périodicités lunaires à fonction adaptative incontestée. Les périodicités biologiques liées à la Lune, démontrées scientifiquement, méritent d'être comparées aux périodicités liées au Soleil, de connaissance plus banale.

Introduction



Depuis quelques dizaines d'années, la connaissance des rythmes biologiques s'est beaucoup enrichie. Les non-spécialistes sont au courant de l'existence des rythmes circadiens ; ils commencent peut-être même à connaître celle des rythmes circannuels. Les rythmes scolaires ne cessent pas d'être à l'ordre du jour. Et la Lune ? Le grand public, qui s'appuie sur les traditions populaires, croit volontiers aux relations entre la Lune et les êtres vivants. On se reportera à l'ouvrage fondamental d'Émile Nourry (dit Pierre Saintyves) dont on trouve une analyse fort intéressante dans le livre remarquable de notre collègue

Philippe Besnard. Pour beaucoup de gens de sciences, les relations entre la Lune et les êtres vivants concernent uniquement les organismes de la zone de balancement des marées. La situation réelle n'est pas si simple. Sans aucun doute, la Lune joue un grand rôle dans la vie de beaucoup d'espèces, marines en particulier mais parfois continentales ; les pages qui suivent ne relèvent pas de l'ethnologie, mais surtout de la science expérimentale, et pas uniquement pour la zone des marées. Jusqu'à preuve du contraire les traditions populaires, justifiées ou non, sont fondées sur une conception magique du monde et sont du domaine de l'animisme.

L'étude des organismes marins de l'estran a conduit à découvrir une foule de phénomènes biologiques soumis, directement ou non, aux cycles de la Lune ; à leurs périodes près, ces manifestations sont très analogues aux rythmes circadiens, avec leur composante oscillatoire interne et leur aptitude à être réglés par des signaux externes.

Enfin des recherches, certaines très récentes, ont été développées sur des rythmes liés à la Lune manifestés par des organismes continentaux. Dans bien des cas, surtout chez des animaux à activité nocturne, ces phénomènes paraissent jouer un rôle précis pour la survie de l'espèce, mais pas toujours. Parfois la situation se présente comme si l'être vivant était animé par une horloge interne spécialisée, réglée par rapport à des signaux externes d'origine lunaire ; parfois encore l'organisme, plante ou animal, suivrait passivement les informations dues à la Lune. Les données expérimentales sont inégalement convaincantes.

Tous les membres de la Société francophone de chronobiologie connaissent les écrits dans lesquels Alain Reinberg a évoqué ces questions ; le domaine est si riche qu'il n'est pas vain d'y revenir.

Références

Baillaud L. *Réflexions sur les cycles lunaires, la météorologie et l'agriculture*. Bull. Soc. Écophysiol. 2001-2002, volume XXVI, p. 39-63, (paru 2003).

Besnard P. *Mœurs et humeurs des Français au fil des saisons*. Balland, Paris, 1989, 282 p.

Reinberg A. *Le temps humain et les rythmes biologiques*. Éd. du Rocher, Monaco, 1998, 250 p. ISBN 2-268-02760-0.

Saintyves P. *L'astrologie populaire étudiée spécialement dans les doctrines et les traditions relatives à l'influence de la Lune*. Nourry, Paris, 1937, 464 p.

Les périodicités liées à la Lune

(Suite page 4)

(Suite de la page 3)

L'astronome de Besançon Marcel Mendès avait soutenu en Sorbonne en 1935, une thèse intitulée *Recherches sur le problème des « n » corps à masses variables*. Mendès n'avait pas l'allure d'un plaisantin, cependant le titre de sa thèse relevait du gag : le problème de trois corps à masses constantes est loin d'être vraiment simple ; nos trois globes rotatifs, le Soleil, la Terre et la Lune, ne sont pas très sphériques, nos orbites et nos axes de rotation sont diversement orientés ; la Lune se balance, le Soleil est fluide ; notre planète n'est pas rigide et elle est gyroscopique ; les marées n'arrangent rien ; du moins les masses sont-elles à peu près constantes. Constatons simplement, si l'on peut dire, que les astronomes ont vu la Lune se déplacer selon des processus cycliques. De plus, les mouvements de la Lune peuvent être considérés par rapport à divers points de repère, qui tous se déplacent ; au total on définit une profusion quasi astronomique de périodes lunaires. Nous sommes forcément convaincu que l'astronomie est la première des sciences ; c'est une science qui nous concerne tous, mais elle a ses spécialistes. Le lecteur intéressé trouvera des notions concises dans plusieurs livres facilement disponibles, dans divers articles comme les très utiles mises au point de Jean-Paul Parisot ou de Christian Le Provost. Mais nous ne chercherons pas à tout définir avec précision. Résumons ce que nous avons exposé dans l'article mentionné ci-dessus.

La Lune, vue de la Terre, présente deux rythmes particulièrement frappants, l'un à peu près journalier et l'autre à peu près mensuel. Du fait de la rotation de la Terre sur son axe la Lune se lève et se couche, comme le Soleil, mais de plus en plus tard chaque jour. Le *jour lunaire* est défini par deux passages consécutifs de la Lune au méridien ; il vaut en moyenne 1,035050 jours solaires moyens, ou 24,842 heures, soit à peu près 1 j 50 min. De jour en jour la Lune retarde en moyenne d'une cinquantaine de minutes ; en France l'intervalle entre deux levers de la Lune s'effectue, par rapport au cycle de 24 heures, avec un retard qui va de 3 ou 4 minutes en septembre à 90 minutes en mars.

Le parcours apparent du Soleil et celui de la Lune s'effectuent dans des plans différents peu éloignés l'un de l'autre. Lorsque nos deux astres voisins sont situés dans le même plan méridien de la Terre, il y a syzygie : s'ils ont même longitude c'est une conjonction, s'ils sont opposés de 180°, ils sont en opposition. Le Soleil et la Lune sont en quadrature si leurs longitudes diffèrent de 90°. C'est cela qui règle les phases de la Lune. Le *mois lunaire*, douze fois et demie plus court que l'année (cycle ou révolution synodique, lunaison) est marqué par le cycle des variations de la luminosité de la Lune ; il s'écoule en moyenne en environ 29,5305881 jours (29 j 12 h 44 min 2,9 s) . La durée moyenne est d'une précision trompeuse, la fourchette allant de 29 j 6 h à 29 j 20 h. Il est raisonnable de dire : 29 jours et demi. La *révolution sidérale* est définie non d'après le Soleil, autour duquel nous tournons, mais d'après une même « étoile fixe » ; ce mois sidéral vaut en moyenne 27,3216615 jours solaires moyens, soit à peu près 27 j 7 h 43 min 11,5 s. La *révolution tropique*, c'est le cycle des variations de la hauteur de la Lune au-dessus de l'horizon, cycle de passage de descendance en ascendance. Sa durée moyenne, très voisine de celle de la révolution sidérale, est de 27,321582 jours, soit environ 27 j 7 h 43 min 4,7 s. Il peut y avoir trois heures de différence entre deux révolutions tropiques (ou sidérales) successives. La Lune décrit approximativement, autour de la Terre, une ellipse dont la Terre occupe un des foyers ; pendant cette révolution elle passe d'un maximum de distance (apogée) à un minimum (périgée) ; le cycle apogée – périgée, cycle des variations de la distance de la Terre à la Lune, a une période plus brève que le cycle synodique. C'est la *révolution anomalistique* qui vaut en moyenne 27,554551 jours, soit environ 27 j 13 h 18 min 33,1 ou 33,2 s ; cette période peut varier de 24 heures d'un cycle au suivant. On appelle nœud ascendant le point de rencontre du parcours apparent de la Lune avec l'écliptique, lorsque le mouvement de la Lune se fait du sud vers le nord. La *révolution draconitique* (deux passages consécutifs de la Lune au nœud ascendant) dure en moyenne 27,212220 j, soit 27 j 5 h 5 min 35,8 s, avec une variation possible de six heures entre deux périodes de suite. Tous les 19 ans, 6939 jours à deux heures près, en moyenne, soit 235 lunaisons, la même phase lunaire revient à la même date de l'année solaire, cycle qui aurait été découvert par Méton en 432 avant Jésus-Christ, et qui porte le nom d'ennéakaidékaétéris.

Les raisonnements, les modèles, des traditions populaires s'appuient essentiellement sur le rythme de la luminosité de 29 jours et demi, que l'on partage selon quatre phases : syzygie (conjonction) : nouvelle lune ; quadrature : premier quartier ; syzygie (opposition) : pleine lune ; quadrature : dernier quartier. Il est habituel de faire comme si tout commençait à la nouvelle Lune. En particulier, l'« âge » de la Lune se compte en jours à partir de la nouvelle Lune (jour 1).

En ce qui concerne l'homme et la manière dont il voit les choses, Philippe Besnard souligne que la portée du cycle synodique a été augmentée par des initiatives de l'homme lui-même : l'invention des calendriers lunaires (et du « mois » actuel, avec sa durée peu éloignée du mois synodique) ; le fait que les quatre phases lunaires peuvent être comparées aux quatre saisons : ce nombre quatre est une convention ; l'usage

(Suite page 5)

(Suite de la page 4)

de la semaine de sept jours, qui est à peu près le quart du cycle lunaire.

Un effet physique indirect de la Lune concerne les marées. Notre globe comporte une masse solide et une masse liquide qui l'une et l'autre subissent l'attraction du Soleil et de la Lune. La masse liquide (d'un côté ou de l'autre de la Terre) et la masse solide ne sont pas à la même distance de la Lune (ni du Soleil), il s'en faut à peu près d'un rayon terrestre. La Lune a beau s'éloigner de la Terre d'environ quatre centimètres par an, ce qui est négligeable, et quoique les distances varient continuellement le long du parcours des trajectoires, tenons-nous-en à des distances moyennes approchées.

Soit m la masse de la Lune, m' celle de la Terre, r la distance Terre-Lune et ρ le rayon terrestre. En ce qui concerne l'action de la Lune sur les marées, la gravitation universelle met en jeu le produit des masses m et m' , le carré de la distance Terre-Lune et le carré de cette distance diminuée du rayon terrestre, soit, en faisant abstraction de quelques quantités négligeables :

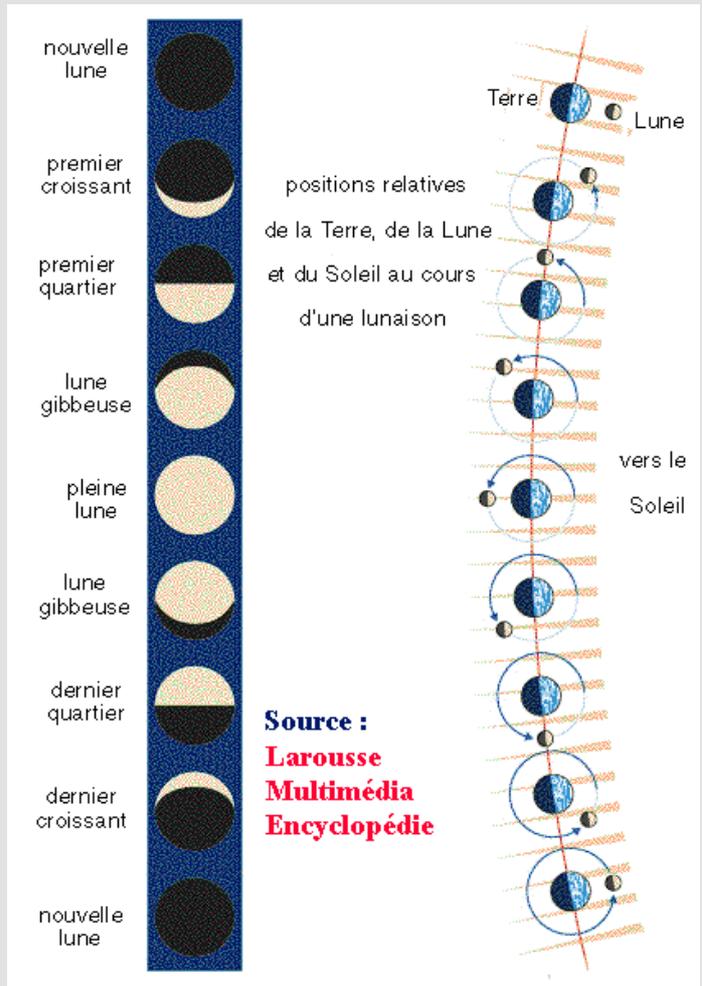
$$m m' / (r - \rho)^2 - m m' / r^2 = \text{environ } 2 m m' \rho / r^3$$

On peut raisonner de même pour le Soleil.

Les forces des marées engendrées par la gravitation varient donc en raison inverse du cube des distances ; peu importe que nous ne sachions pas très bien ce que c'est que la gravitation. Or la masse solaire est 27 millions de fois celle de la Lune alors que le cube des distances est environ 59 millions de fois plus grand pour le Soleil que pour la Lune (masses, respectivement 1989.10^{24} et 735.10^{17} tonnes ; distances : entre 147,17 et 153,18 millions de km pour le Soleil et 384 400 km en moyenne pour la Lune ; rayon terrestre entre 6357 et 6378 km). Il en résulte que la Lune a sur les marées à peu près deux fois plus d'effet que le Soleil. Il s'agit là du moteur proprement dit. Cependant, comme l'explique Franck Gentil, « les calculs évoqués, tels qu'ils ont été élaborés par Newton (avec toutes les hypothèses simplificatrices), montrent un maximum de variations de 77 cm ! » L'explication quantitative et qualitative des marées « (et notamment les différences entre les océans, par exemple les lieux où les marées ont une périodicité diurne et semi-diurne) réside dans les propriétés physiques de résonance des bassins océaniques, la conformation du plateau continental et la forme des côtes. »

Les marées semi-diurnes se déroulent selon un cycle moyen de 12 heures 25 minutes (soit, en termes décimaux, 12,42 heures), c'est le rythme « tidal », comme on dit en anglais, correspondant à l'intervalle entre les moments où les effets gravitationnels du Soleil et de la Lune s'ajoutent ou se soustraient au maximum. Mais l'amplitude de la marée varie au cours du temps. Spectaculaires sont les marées d'équinoxe, de très grande amplitude. D'autre part, deux fois par lunaison on observe une alternance de marées de vive eau et de morte eau, selon que la Terre, la Lune et le Soleil sont alignés, en syzygie (vive eau), ou que ces astres, en quadrature, définissent un angle tel que l'effet de la Lune contrarie celui du Soleil (morte eau). Il y a donc un cycle d'une quinzaine de jours des marées de vive eau et de morte eau (plus précisément 14,76 jours en moyenne).

Les marées se trouvent ainsi à la clé de plusieurs périodicités : 12,42 heures (rythme tidal, ce terme faisant référence aux marées semi-diurnes), 14,76 jours, 0,5 année ; et la Lune : 24,85 heures (jour lunaire),



(Suite page 6)

(Suite de la page 5)

29,53 jours (mois synodique) et aussi 27,3 et 27,6 jours. Les périodes moyennes peuvent être déterminées avec une précision extrême en ce qui concerne la Lune et ses implications physiques, précision qui ne doit pas faire oublier la variabilité des cycles. Pour les implications biologiques, les décimales n'ont pas la même signification. On remarquera que la périodicité de 6 mois n'a rien de lunaire, même si ses manifestations sont toujours mêlées aux divers rythmes d'origine lunaire.

Références

- Encrenaz T., Bibring J.-P. & Blanc M., *Astrophysique, le système solaire*, Paris, Éd. du C.N.R.S., 1986, 390 p.
- Gougenheim A. *Marées. Encyclopaedia Universalis, Corpus*, Paris, 1995, t. 14, p. 517-520.
- Le Provost C. *Marées océaniques. Encyclopaedia Universalis, Supplément*, Paris, 1995, p. 644-648.
- Link F. *La lune*, Paris Albin Michel, 1970, 173 p.
- Parisot J.-P. *La Lune et ses périodes. Publ. Observ. Astr. Strasbourg, Série Astronomie et Sciences humaines*, 1993, n° 9, p. 51-65.
- Simon B. & Lahaye-Collomb A. *La marée. Service hydrographique et océanographique de la Marine*, Brest, 1997, 75 p., ISBN 2-11-088188-7.
- Taillé J. *La Terre et la Lune*, Paris, Presses Univ. France, Que sais-je n° 875, 1960, 126 p.
- Winfree A. *Les horloges de la vie. Paris, Pour la Science*, 1994, ISSN 0764-1931.

Signaux, causes distales et sélénobiologie

Reprenons ce que nous avons souligné précédemment, en évoquant la question du caractère adaptatif des rythmes liés à la Lune, ou de l'idée que le biologiste peut se faire de leur valeur sélective : quels peuvent être le mode d'action et le rôle fonctionnel de la Lune sur le vivant ? Un aspect biologique important de la question réside dans la distinction, bien soulignée par Boissin et Canguilhem (1998), de deux sortes de facteurs du milieu, selon leur rôle dans l'adaptation de l'organisme à sa niche écologique, dans l'enchaînement fonctionnel qui régit cette adaptation, dans les processus de la sélection naturelle. Divers mammifères ont leur cycle annuel de reproduction réglé par la durée de l'éclairement quotidien ; ce qui est important pour l'animal, ce n'est pas la durée de l'éclairement, mais c'est que les jeunes naissent à une saison qui leur permettra de se développer suffisamment avant l'hiver. Parmi les facteurs temporaires du milieu, il y en a qui jouent un rôle de signaux pourrait-on dire, réglant l'organisation temporelle du vivant : les physiologistes Baker (1938) et Thomson (1950) parlent de « proximate factors » ou de « proximate causes » (facteurs ou causes proximaux ou immédiats). D'autres facteurs du milieu interviennent directement dans la survie de l'espèce : ce sont eux, qui ont joué un rôle « limitant » décisif dans la pression de sélection ; ce sont les « ultimate factors », les « ultimate causes » (facteurs distaux ou médiats). La notion de « signal », il ne faut pas se laisser tromper, se rapporte à un « modèle » artificiel imaginaire, à travers lequel on se représente le fonctionnement de l'organisme, subjectivement finaliste. Si les variations du milieu sont périodiques (et, de ce fait, prévisibles), des signaux donneurs de temps vont pouvoir préadapter l'être vivant aux fluctuations à venir de l'environnement, par anticipation. La science actuelle ne permet pas d'assigner à la Lune un rôle direct de nécessité dans la vie des organismes. La lumière et la gravité de la Lune sont négligeables par rapport aux besoins ; de ce point de vue, la Lune ne peut agir que comme donneur de signaux. Seule la marée peut avoir en elle-même une valeur sélective directe.

Les rythmes des marées déterminent une alternance d'immersion et d'émersion : facteurs d'importance cruciale pour un être vivant. Autant l'immersion totale, définitive, est un événement physiologiquement grave pour un organisme terrestre, comme l'homme, autant l'émersion totale est lourde de conséquences pour un organisme normalement aquatique comme une truite ou un nénuphar. De ce fait, la zone de balancement des marées constitue un milieu marqué par des périodicités lunaires de facteurs essentiels du milieu. Il peut donc être nécessaire à la survie d'une espèce qu'elle soit adaptée à ce rythme. Les organismes vivant en permanence dans l'eau, sont dans un milieu à trois dimensions, ce qui peut rendre plus difficile la vie sociale et plus aléatoires les rencontres sexuelles. La Lune est susceptible de remédier à ces difficultés ; à titre de facteur proximal, la Lune peut jouer un rôle de régulateur, lié aux moments de telle ou telle intensité de l'éclairement réfléchi par la Lune ou aux variations de ses effets gravifiques ; et d'ailleurs, le mouvement même de la marée donne aux organismes des stimulations (mécaniques ou autres) qui sont autant de signaux temporels dépendant de la Lune.

(Suite page 7)

(Suite de la page 6)

Chez les animaux, la lumière lunaire peut faciliter la vision nocturne et donc les déplacements nocturnes (pour la même raison, les Anglais choisissaient les nuits de pleine Lune pour parachuter des armes à la Résistance pendant la seconde guerre mondiale). En dehors de cette situation, les biologistes ont pu dans bien des cas deviner en quoi la possibilité de répondre à d'éventuels *signaux* d'origine lunaire pourrait jouer un rôle dans la survie des espèces terrestres.

Est-il raisonnable de douter ou de ne pas douter de l'existence d'un phénomène selon qu'on ne lui devine pas ou qu'on lui attribue un rôle favorable à la survie de l'espèce ? Ces questions sont plus compliquées qu'elles n'en ont l'air.

Chronobiologie et rythmes liés à la Lune

Les rythmes biologiques liés à la Lune actuellement connus de manière certaine concernent surtout des organismes marins, notamment ceux de l'estran (ou zone de balancement des marées) ; on en a décrit également chez des espèces continentales.

Les rythmes de marée ont été observés depuis longtemps parmi les espèces marines. Sur les côtes rocheuses de l'Atlantique, de nombreux auteurs, depuis C.M. d'Orbigny (1820), ont décrit une série de ceintures de végétation, accompagnées de faunes diversifiées, correspondant aux divers niveaux de la zone des marées : les niveaux émergés et immergés à chaque marée, en moyenne toutes les 12,42 heures, et ceux qui le sont moins souvent, jusqu'aux niveaux correspondant aux grandes marées d'équinoxe, semestrielles. Là se trouvent des organismes qui vivent dans un environnement profondément marqué par le rythme tidal et ses multiples. Il s'agit un peu, ici, de cette science ancienne qu'est l'histoire naturelle, d'où la fréquente obligation de se reporter à des publications anciennes.

Une « nécessité » biologique évidente : que l'organisme soit capable de survivre à tel ou tel rythme d'émersion conditionne sa localisation. Cette localisation est liée à d'autres facteurs que la périodicité temporelle de l'émersion, comme les variations de la profondeur de l'eau, de la pression, de la température. En profondeur, la lumière solaire est filtrée, privée d'abord de ses radiations rouges, tendant à n'être plus que bleue ; or la photosynthèse se réalise grâce à la chlorophylle et à d'autres pigments, rouges ou jaunes notamment, caractéristiques des divers groupes d'algues ; dans l'ensemble les algues rouges vivent à des niveaux plus profonds que les algues vertes. Pour cette raison, on a longtemps privilégié la nécessité d'un accord entre les pigments présents (la couleur des algues) et le spectre de la lumière qui leur parvient. En réalité, la distribution bathymétrique (en profondeur) des espèces, résume Franck Gentil « est liée à l'intensité lumineuse (indépendante du spectre des radiations) et reflète directement les facultés de photoprotection des espèces contre les intensités trop fortes. D'autre part il a été démontré sur quelques espèces d'algues littorales que leur répartition verticale était limitée par l'intensité de l'activité de certains brouteurs-racleurs (" herbivores ") ; en l'absence (par expérimentation) de ces gastéropodes, les espèces en question se développent très bien. » Il y a donc un déterminisme assez compliqué dans la zonation biologique du littoral.

niveau supra-littoral,		jamais couvert	Il se trouve que chez les espèces vivant dans cette zone on a pu mettre en évidence des rythmes physiologiques de plusieurs périodes, liés aux marées. Les contacts avec l'eau ou avec l'atmosphère ne sont pas les seuls éléments du milieu naturel qui changent selon la marée, suivant qu'il y a immersion ou émersion. Il y en a d'autres, qui ont des effets sur les êtres vivants, comme la turbulence de l'eau, la pression hydrostatique, parfois la salinité,
littoral	niveau maximal d'équinoxe pleine mer, haute mer, de vive eau (syzygie)	Zone rarement couverte (1)	
	pleine mer, haute mer, de morte eau (quadrature) niveau moyen des marées (mi-marée) découverte basse mer de morte eau (quadrature)	Zone couverte et découverte deux fois par jour (2)	
	basse mer de vive eau (syzygie) niveau minimal d'équinoxe	Zone rarement découverte (3)	
niveau infra-littoral		jamais découvert	

(Suite page 8)

(Suite de la page 7)

etc. Du point de vue physique, marégraphique, les principaux niveaux sont les suivants :

Ces *niveaux* sont donc définis en dehors de toutes considérations sur les êtres vivants que l'on y observe. Du point de vue biologique (Glémarec 1997, Castric-Fey, Girard-Descatoire, Gentil, Davout & Dewarumez 1997), il correspondent à une série d'*étages* ; les *étages* sont des ensembles d'organismes végétaux et animaux statistiquement groupés, considérés par rapport à leur répartition verticale en zone littorale ; dans le tableau suivant les chiffres entre parenthèses indiquent les correspondances avec le tableau qui précède :

- étage supralittoral (1)
- étage médiolittoral (ou littoral ou eulittoral) (2)
 - médiolittoral supérieur (ceintures à *Pelvetia* et à *Fucus spiralis*)
 - médiolittoral moyen (ceinture à *Fucus vesiculosus* ou *Ascophyllum*)
 - médiolittoral inférieur (ceinture à *Fucus serratus*)
- étage sub- ou infralittoral, avec successivement laminaires, *Cystoseira* et *Sargassum* (3)
- étage circalittoral côtier
- étage circalittoral du large

Les marées sont animées de cycles de périodes diverses qui sont, en moyenne, de 12,42 heures, 24,84 heures, 14,76 jours, 29,53 jours, pour les principales. Les organismes de la zone de balancement des marées sont contraints à supporter des variations périodiques dans leurs relations avec des facteurs essentiels de la survie. Les mouvements de la Lune ne peuvent apporter directement aux organismes que des signaux donneurs de temps ; ceux-ci conduisent à préadapter l'être vivant aux fluctuations à venir des facteurs essentiels du milieu, par anticipation. Mais la marée elle-même constitue un tel facteur essentiel.

On ne surprendra pas les chronobiologistes en disant que nous avons besoin, ici, de nous référer à des modèles de mécanismes et de raisonnements qui ont été mis au point d'une manière générale à propos



des rythmes circadiens de l'ensemble des êtres vivants. Rappelons quelques banalités. La presque totalité des espèces vivantes ont un comportement physiologique variable, différent selon les moments du jour et de la nuit. Une question simple a été clairement posée par Erwin Bünning : l'organisme suit-il passivement les variations du milieu extérieur ? Alors le rythme est dit exogène ; cela est très rare et n'empêche pas de parler de rythme biologique . Si au contraire, l'organisme soustrait aux fluctuations quotidiennes de l'environnement maintient ses oscillations plus ou moins durablement, on dit que le rythme est endogène. Le système oscillatoire interne en cause n'est en rien la mémoire d'une alternance antérieure des jours et des nuits. Rythme endogène, cela signifie : dont le système oscillatoire est actuelle-

ment intérieur à l'être vivant, soit pratiquement, en première approximation : n'est pas constitué par les oscillations des facteurs externes connus ; au niveau de la logique, la situation est semblable au cas des miracles, qui sont inexplicables dans l'état actuel de la science, comme nous l'a fait remarquer François Blondon (dans Baillaud 1994). Tous les chronobiologistes connaissent les protocoles expérimentaux qui permettent d'affiner la démonstration de l'endogénie, mais on n'est jamais parfaitement rigoureux, on n'est jamais à l'abri de toute critique, parce que personne ne peut affirmer « tout » connaître : le nyctémère, le cycle de la nuit et du jour, comporte peut-être des signaux externes « subtils » que l'on ne connaît pas, susceptibles d'agir sur les rythmes du vivant.

L'accord entre les fluctuations quotidiennes de l'environnement et le système vivant peut se comparer au fonctionnement d'une horloge : horloge biologique, horloge interne, capable d'une certaine marche autonome, et, réglée (mise à l'heure, éventuellement remontée) par des signaux temporels externes, comme le début du jour ou de la nuit. Ces systèmes d'horloges internes font que l'organisme s'adapte par anticipation aux variations des facteurs externes essentiels. Les chronobiologistes se sont alors trouvés,

(Suite page 9)

(Suite de la page 8)

entre autres, devant deux cas : ou bien (cas peu fréquent) l'horloge interne fonctionne selon le principe du sablier, ou bien (plus souvent) il y a un système oscillatoire interne, qui se déclenche spontanément ou à la suite d'un signal. Lorsqu'il y a un oscillateur interne, une hypothèse de travail simple, proposée par Büning, consiste en un modèle du type balancier pendulaire, ayant une période propre, susceptible d'être mis en marche et en phase par des signaux extérieurs et susceptible de poursuivre son mouvement en libre cours. On appelle parfois circarythmes les rythmes qui se manifestent dans la nature en synchronisme avec les cycles de l'environnement (jour-nuit, saisons, marées...), et plus particulièrement quand ils sont capables d'autoentretien en libre cours. Dans cette optique, on est autorisé à imaginer que la Lune va agir sur l'être vivant comme facteur indirect (proximal), en réglant un système oscillatoire exogène ou endogène qui commandera l'adaptation aux facteurs distaux les plus directement nécessaires à leur survie, submersion ou émer-sion.



Tout cela pose l'interrogation inévitable mais savonneuse : à quoi cela sert-il ? Dans quel but cela est-il fait ? Pour éviter les équivoques, il nous paraît nécessaire d'insister sur quelques points. On ne voit pas d'inconvénient à dire que l'œil est fait pour voir, mais « est fait pour » est grammaticalement un passif qui appelle la question : « par qui ? », à laquelle le biologiste ne répondra pas ; au contraire on n'ose pas dire que la goutte de pluie écarte les molécules d'air pour tomber. C'est que, prises littéralement, telles quelles, ces expressions sous-entendent une idée d'intention. Le problème n'est pas là. La cause est nécessairement antérieure à son résultat, mais il faut compter avec la valeur fonctionnelle, la valeur sélective, qui est la cause du fait que l'organisme existe, cause bel et bien antérieure. Cependant si l'on se passionne pour la biologie, si, chercheur, on lui consacre son travail, si, professeur, on veut faire, partager son enthousiasme, c'est qu'on a envie de comprendre comment *fonctionne* le vivant. La présentation finaliste des phénomènes est une manière simple de rendre compte de leur aspect *fonctionnel*. Elle procure au chercheur des idées à creuser et elle lui donne l'impression de faire un travail intelligent. Le chercheur peut gagner à raisonner dans une idée de finalité ; on a même soutenu qu'il n'a pas le choix. Bien des découvertes de la biologie sont liées à cet esprit, à la référence à un « modèle ».

Le lecteur peut être gêné si on lui dit que l'algue *Dictyota* reçoit la lumière de la pleine Lune *pour que* ses gamètes *aient* davantage de chances de se rencontrer. En toute rigueur le subjonctif ne nous paraît pas soutenable ; il vaut mieux dire à l'indicatif, « *d'une manière telle que* ses gamètes ont davantage de chances de se rencontrer ». On peut voir là une querelle de mots sans intérêt. Mais sur une question empoisonnée comme celle des influences de la Lune, il vaut mieux tâcher d'éviter les malentendus. Dans les pages qui suivent, nous aurons toujours l'idée que si un phénomène biologique existe, c'est peut-être parce qu'il joue un rôle sélectif, soit au niveau distal soit au niveau proximal. Et, en corollaire, si on ne devine pas le rôle de ce phénomène, il est permis, en première approximation, de douter de sa réalité ou du moins de son importance biologique ; de son intérêt ? c'est une autre question, parce qu'un phénomène biologique inutile a des chances de ne pas être encombré par la convergence de mécanismes redondants et peut constituer un outil de choix pour l'étude d'un mécanisme précis.

Cette préoccupation de la valeur fonctionnelle des phénomènes incite à distinguer, à l'occasion, le cas des organismes autotrophes, chlorophylliens (les algues) du cas des hétérotrophes (les animaux), pour lesquels par exemple émer-sion et immersion peuvent avoir des conséquences toutes différentes.

Quelques références

Baillaud L. *De la biologie à la chronobiologie, et inversement*. Bull. Gr. Ét. Rythmes biol., 26 (7), 1994, p. 277-304.

Castric-Fey A., Girard-Descatoire A., Gentil F., Davoult D. & Dewarumez J. M. *Macrobenthos des substrats durs intertidaux et subtidaux*, p. 83-86 de Dauvin J. C. éd. *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantiques Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives*. Services Patrimoine Naturel, IEGB, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 1997, 376 p.

(Suite page 10)

(Suite de la page 9)

- Davy de Virville A. Contribution à l'étude de la répartition actuelle et passée des organismes dans la zone néritique. *Mém. Soc. Biogéogr.*, t. 7, 1940, p. 205-251, pl. I-VII.
- Davy de Virville A. Relations entre les variations du niveau de la mer et la superposition des ceintures de végétation sur le littoral atlantique. *Acta adriatica*, vol. 8, n° 14, 1958, p. 1-8.
- Davy de Virville A. Projet de classification des différents niveaux du système littoral sur les côtes atlantiques. *Bull. Res. Council Israel*, sect. D : Bot., vol. 10D, july 1961, p. 116-120.
- Davy de Virville A. Nouvelles recherches sur les ceintures de végétation du littoral atlantique de l'hémisphère boréal. *Revue gén. de Bot.*, t. 71, 1964, p. 173-200, pl. I-II
- Glémarec M. Le concept d'étagement en mer à marée, p. 45-46 de Dauvin J. C. éd. (1997) : ouvrage mentionné ci-dessus (Castric-Fey et coll.).
- Horn M. & Gibson R. Les poissons intertidaux. *Pour la Science*, mars 1988, p. 72-79.
- Howells W.R. The macrofauna of the intertidal soils of the Towy estuary, Carmarthenshire. *Annals and Mag. of natural History*, ser. 13, vol. 7, octobre 1964, p. 578-607.
- Lipkin Y. & Safriel U. Intertidal zonation on rocky shores at Mikhmoret (Mediterranean, Israel). *J. Ecol.*, t. 59, march 1971, p. 1-30.
- Ranwell D.S., Bird E.C.F., Hubbard J.L.E. & Stebbings R.E. *Spartina salt marshes in southern England. V. Tidal submergence and chlorinity in Poole Harbour. J. Ecol.*, 52, nov. 1964, p. 627-641.
- Safriel U. & Y. Lipkin. Note on the intertidal zonation of the rocky shores at Eilat (Red Sea, Israel). *Israel J. Zoology*, vol. 13, 1964, p. 187-190.
- Sreeramulu M.U. An ecological study of some intertidal algae of the Visakhapatnam coast. *J. Ecol.*, t. 52, nov. 1964, p. 595-616.
- Werner R.G. Réflexions au sujet de la zonation au Maroc. *Bull. Soc. Sc. nat et physiques du Maroc*, t. 36, 4^e trim., p. 319-333.

Les rythmes biologiques associés aux marées diurnes et semi-diurnes (PÉRIODES MOYENNES DE 24,84 HEURES OU DE 12,42 HEURES)

Sur les côtes de l'Atlantique on observe, nous l'avons vu, deux oscillations de la marée par jour (en réalité pour chaque jour lunaire, qui dure un peu plus de 24 heures, d'où des décalages évidents, de jour en jour) ; la marée est dite semi-diurne, on pourrait dire semi-lunidienne pour être plus précis. Mais les effets solaires et lunaires peuvent se combiner de manières diverses : dans le Pacifique il existe des marées diurnes, à une seule oscillation par jour ; on connaît aussi des types intermédiaires, à rythme alternativement diurne pendant quelques jours puis semi-diurne, ou à rythme semi-diurne présentant chaque jour une grande marée et une petite. Les marées semi-diurnes ont une période moyenne d'un demi-jour lunaire, en moyenne 12,42 heures ; faute d'adjectif français pour désigner le rythme des marées, par anglicisme on parle de rythmes tidaux. Les rythmes biologiques associés peuvent être qualifiés de circatidaux (ou de circasemilunidiens, circa-0,5-lunidiens). Le jour lunaire n'est pas « quotidien » mais sa période est incluse dans la fourchette (20-28) du « circadien » : n'abusons pas du préfixe circa, lorsqu'il est source d'ambiguïté.

Comment se comportent les organismes qui vivent dans la zone de balancement des marées, où ils sont soumis à la fois à l'alternance quotidienne du jour et de la nuit et à l'alternance semi-lunidienne des marées ? Il arrive qu'ils aient une activité liée à la fois au jour (ou à la nuit) et à une certaine phase de la marée ; leur comportement a alors un rythme peu éloigné de 24 ou 25 heures, en fait lunidien (ou bitidal). Les rythmes biologiques de marée, avec leurs deux périodicités possibles, se manifestent dans des organismes extrêmement variés, algues, crustacés, poissons, etc. Dans chaque cas se posent au départ plusieurs problèmes expérimentaux : – la mise en évidence du phénomène biologique, la mesure de ses oscillations dans les conditions naturelles, ses relations avec les oscillations quotidiennes de l'éclaircissement ; – la connaissance du comportement de l'organisme quand on le soustrait aux influences physiques de la marée ; lorsque l'on connaît tout cela, on est peut-être en mesure d'étudier le phénomène lui-même. Nous nous contenterons de présenter quelques exemples et de signaler quelques aspects de ce que l'on sait à leur sujet.

Parmi les premiers travaux expérimentaux dans ce domaine, se placent ceux qui concernent les organismes du littoral sableux ; certains s'enfoncent dans le sable à marée haute et en ressortent à marée basse. On peut supposer que ce comportement a une grande valeur sélective pour des organismes chlorophylliens : la pénétration dans le sable à marée haute permet la stabilité de l'habitat et protège contre les dépla-

(Suite page 11)

(Suite de la page 10)

cements que pourraient provoquer les mouvements de la mer, la sortie hors du sable au moment de l'émersion donne d'autres avantages écophysiologiques, notamment un maximum d'exposition à la lumière. Cependant, souligne Franck Gentil, de Roscoff, « les organismes qui " sortent du sable " à basse mer (en émersion) sont très rares ; normalement, c'est le contraire, ils se réfugient dans le sédiment, où les conditions de vie sont plus stables qu'à l'extérieur (et ils échappent ainsi plus facilement à la prédation, par exemple par les oiseaux). »

Dans le monde chlorophyllien, les données expérimentales portent surtout sur des algues microscopiques unicellulaires.

Une euglène, *Euglena obtusa*, s'enfonce à marée haute (Palmer et Round 1965) ; elle remonte à marée basse, mais seulement le jour. En conditions constantes, les oscillations se maintiennent, avec un rythme de 24 heures environ, comme si le rythme de marée observé n'était en réalité qu'un rythme endogène journalier entrant en synchronisme avec les marées, comme si la marée haute intervenait par le biais d'une diminution de l'éclairement. Les expériences de libre cours ne permettent guère de distinguer ici entre un rythme d'environ un jour et un rythme d'environ deux marées (rythme circadien ou bien rythme circa-2-tidal, circalunidien).

Une diatomée étudiée par Emmanuel Fauré-Fremiet a, dans les conditions naturelles, un comportement analogue : à marée basse, mais seulement aux heures de la lumière du jour, elle remonte à la surface du sable, attirée par la lumière (phototactisme positif) et elle semble s'adonner au plaisir de l'ensoleillement sur la plage, non pas dans l'intention de bronzer idiot, mais avec le résultat qu'elle se nourrit d'air et de lumière. Cette algue microscopique en a besoin pour le déroulement de sa photosynthèse ; elle ne le « sait » sans doute pas ; elle ne fait sans doute pas « exprès » d'adopter ce comportement, mais si elle ne le faisait pas elle n'existerait pas, et nous ne pourrions faire de commentaires sur les avantages ou les inconvénients de son mode de vie. Ici encore, l'oscillation a une période d'environ 24,8 heures, celle du jour lunaire. Que se passe-t-il si l'on cultive cette diatomée dans un aquarium soumis à des conditions à peu près constantes, en la soustrayant aux influences les plus évidentes de la Lune, la marée et la lumière lunaire ? En obscurité constante, il ne se passe rien, parce que le phototactisme, fût-il oscillatoire, n'a pas la possibilité de se manifester. En lumière constante, les oscillations se maintiennent sensiblement comme dans les conditions naturelles. Tout se passe comme si l'on avait affaire à un rythme endogène de 24,8 heures de migration verticale ne pouvant se manifester qu'à la lumière et donc, dans la nature, soumis à une alternance d'empêchement ou de permission selon une période de 24 heures. Mais le phénomène est peut-être bien plus compliqué, comme cela a été montré par le Britannique Hopkins pour une autre espèce de diatomée.

Un cas particulier de rythme de marée concernant des algues, est représenté, c'est peut-être inattendu, par un animal, un ver marin. Le *Convoluta roscoffensis* est un petit ver du groupe des Turbellariés qui ne dépasse pas 4 mm de long ; il héberge dans ses tissus des algues vertes unicellulaires. L'algue pratique la photosynthèse ; elle se nourrit de gaz carbonique et de lumière ; l'animal se nourrit à ses dépens, en échange, pourrait-on dire, de l'habitat qu'il lui offre ; d'ailleurs il ne pourrait guère vivre autrement, parce qu'il n'a pas de tube digestif ; ce mode de vie, à bénéfices réciproques *très inégaux*, est une sorte de symbiose. Le ver, avec ses algues symbiotes, effectue les mêmes migrations verticales que la diatomée ou l'euglène évoquées précédemment avec les mêmes oscillations liées aux marées et au nyctémère. Le rythme s'arrête à l'obscurité constante ; sous un éclairage constant il se maintient en synchronisme avec les marées. L'oscillation correspond donc à un système oscillatoire interne à l'organisme, concernant l'aptitude à un phototactisme positif, de période « de marée », rythme circatidal, circa-0,5-lunidien. Dans une thèse déjà ancienne, Martin (1909) voyait là un phénomène de « mémoire », ce qui, en tout cas, n'était pas une explication. Cependant certains auteurs interprètent ce phénomène par un mécanisme de sablier (Neumann 1976). Quelle est la part de l'algue et celle de l'animal dans l'enchaînement réception du signal – horloge interne – réponse motrice – orientation de cette réponse ? La réponse biologique finale est évidemment celle de l'animal, le premier bénéficiaire étant l'algue. Mais cela ne précise pas où est l'oscillateur, ni en quoi il consiste. Quant au signal, déclencheur ou synchroniseur, il peut être dû à la lumière lunaire ou à des conséquences mécaniques de la marée elle-même.

Chez les animaux, les rythmes de marée ont été fréquemment observés. Les publications sont très nombreuses en ce domaine. On pourra notamment se reporter aux mises au point de Palmer, de Morgan ou de Neumann.

Le mollusque gastéropode *Melanerita atramentosa* a une activité locomotrice rythmique, liée aux marées,

(Suite page 12)

(Suite de la page 11)

capable d'autoentretien pendant plusieurs jours : rythme circatidal.

Un crustacé amphipode, *Synchelidium*, vivant dans une zone à marées mixtes (marées semi-diurnes inégales) a été étudié soustrait à son environnement : le rythme circatidal se maintient alors en libre cours, avec l'inégalité de ses deux oscillations. L'inégalité des marées évolue au cours des différentes époques de la lunaison, et l'expérience montre alors des oscillations biologiques inégales conformes à celles de l'environnement. Il est permis de se demander si l'on a affaire à un rythme circatidal simple (un mécanisme oscillatoire de période 12,4 heures), ou à un rythme circalunidien en dos de chameau (un oscillateur de période 24,8 heures dont chaque cycle comporterait un programme à deux maximums), ou encore à deux rythmes circalunidiens déphasés l'un par rapport à l'autre (deux systèmes oscillatoires de 24,8 heures, fonctionnant en décalage) : c'est un type de question que les chronobiologistes rencontrent dans l'étude de rythmes biologiques très divers.

On cite le cas d'un autre crustacé amphipode, *Talitrus saltator*, qui habite l'étage supralittoral, en haut de plage de sable, précise Franck Gentil. À la fin de l'après-midi et la nuit, il fait frais, il n'y a guère de risques de dessiccation, il s'écarte de la mer ; il revient au petit matin. Comme s'orientait-il ? Par rapport à la lumière du Soleil et par rapport à celle de la Lune ? Mais ces astres se déplacent dans l'univers sensible de notre animal. Celui-ci ferait comme les abeilles, il introduirait une correction horaire ; cette correction horaire correspondrait inévitablement à la fonction physiologique d'une horloge interne : une horloge interne d'environ 24,8 heures ajustée sur le rythme de la journée lunaire.

On a beaucoup étudié les crabes violonistes (genre *Uca*), caractérisés par une pince hypertrophiée qui leur donne l'air de jouer du violon ; l'espèce *Uca pugnax* a été l'objet de nombreuses recherches. L'animal s'enfonce dans son terrier à marée haute et en sort à marée basse. En conditions constantes, le rythme d'activité se maintient avec une période de l'ordre d'environ 12,4 heures (12 h 25 minutes), le maximum ayant lieu environ 4 heures avant le maximum de la basse mer. Selon les espèces, il y a de multiples cas particuliers, notamment d'addition entre le rythme de marée et le rythme de 24 heures ; en libre cours, chez la plupart des espèces, le rythme s'amortit après quelques jours. Pour le crabe vert (*Carcinus*), Naylor (1963) a montré que la période du rythme autoentretenu, observée en libre cours, est à peu près indépendante de la température : c'est là un caractère fréquent des horloges biologiques.

Hartsuyker a décrit le rythme de marée d'une crevette, *Crangon crangon*. Les crevettes *Palaemon elegans*, *P. serratus* et *Palaemonetes varians* ont été étudiées par des chercheurs de Concarneau, André Clique et Jean-François Lennon. L'activité locomotrice de ces animaux présente un maximum au moment de la haute mer. Les auteurs distinguent un rythme circadien, qui s'amortit après deux cycles de conditions constantes, et un rythme circatidal, qui se maintient en conditions constantes de lumière ou d'obscurité avec une période voisine de 13 heures ; il se produit donc une dérive par rapport à la marée, qui élimine toute hypothèse d'un entraînement par des facteurs « subtils » lunaires. Des recherches approfondies ont été faites sur les agents de synchronisation qui règlent le comportement de l'animal par rapport à la marée elle-même (salinité, présence de composés organiques dans l'eau, etc.).

Un coléoptère de la zone de balancement des marées, le *Thalassostrechus barbarae* a une activité nocturne ; en conditions constantes, son activité locomotrice est rythmée, avec un auto-entretien du rythme circadien pendant une semaine et une composante circatidale pendant trois jours (Evans 1976).

Un moustique de la zone des marées, le *Clunio marinus*, est animé d'un rythme d'éclosion de 12,4 h : l'éclosion a lieu au début de l'émersion du substrat. Selon Pflüger et Neumann, il ne s'agirait pas d'un système temporel périodique, mais d'un mécanisme de type sablier qui serait mis en marche 10 ou 11 heures auparavant, au cours de la marée descendante précédente.

Le tunicier *Ciona intestinalis* présente un cycle tidal de la morphologie de sa glande neurale (D. Georges 1974).

R.N. Gibson a montré que le poisson *Blennius pholis* a son maximum d'activité pendant les 3 ou 4 heures de haute mer, selon un rythme de 12,4 heures ; ce rythme persiste en conditions constantes. Dans son cas, la pression hydrostatique, la pression exercée par l'eau, variable selon le moment de la marée, joue un rôle de donneur de temps à l'égard de l'horloge interne circatidale.

Le rythme de marée existe-t-il chez l'homme ? Le seul cas signalé a été inventé par un humoriste anglais. « J'ai causé une fois, raconte Jerome Klapka Jerome, avec un vieux tribardeur qui pour son travail était forcé de se lever tous les matins une demi-heure avant la marée. Il me confia que jamais il ne lui était arri-

(Suite page 13)

(Suite de la page 12)

vé de se réveiller une minute trop tard et qu'il ne se donnait même plus la peine de calculer l'heure de la marée. » (*Trois hommes en balade*, chap. 4). « The work of an old riverside fellow I once talked with called him to be out of bed each morning half an hour before high tide. He told me that never once had he overslept himself by a minute. [...] He would lie down tired, and sleep a dreamless sleep, and each morning at a different hour this ghostly watchman, true as the tide itself, would silently call him. » (*Three men on the bummel*).

Enfin, le rythme circadien de l'homme, considéré en libre cours, a souvent une période de 24 h 30 environ, peu éloignée de celle du jour lunaire : simple coïncidence.

Quelques références

- Bohn G. Sur les mouvements oscillatoires des *Convoluta roscoffensis*. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 137, 1903, p. 576-578.
- Clique A. Rythmes biologiques et synchroniseurs en zone intertidale : étude d'éthologie expérimentale chez quelques crevettes palaemonides. Thèse École pratique des Hautes Études, 1996, 153 + 28 p.
- Clique A. & Lennon J.-F. Les substances dissoutes : quel est leur rôle dans la synchronisation des rythmes biologiques en milieu côtier ? *Oceanis*, vol. 13, fasc. 4-5, 1987, p. 373-380.
- Enright J.T. The tidal rhythm of a sand beach amphipod. *Z. vergl. Physiol. Bd.* 46, 1963, p. 276-313.
- Enright J.T. Entrainment of a tidal rhythm. *Science*, vol. 147, n° 3660, 19 feb. 1965, p. 864-867.
- Fauré-Fremiet E. Rythme de marée d'un *Chromulina psammophile*. *Biol. Bull.* vol. 84, 1950, p. 207-214.
- Fauré-Fremiet E. The tidal rhythm of the diatom *Hantzschia amphioxys*. *Biol. Bull.*, vol. 100, n° 3, june 1951, p. 173-177.
- Georges D. Activité rythmique du complexe neural chez *Ciona intestinalis* (Tunicier), relation avec la ponte. *Bull. Groupe Ét. Rythmes biol.*, t. 6, 1974, n° 3, p. 83-99.
- Gibson R.N. Rhythmic activity in littoral fish. *Nature*, vol. 207, n° 4996, July 1965, p. 544-545.
- Gibson R.N. Experiments on the tidal rhythm of *Blennius pholis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, vol. 47, 1967, p. 97-111.
- Hartsuyker L. Daily tidal migrations of the shrimp, *Crangon crangon* L. *Netherlands J. of Sea Research*, vol. 3, n° 1, 1966, p. 52-67.
- Hopkins J.T. The behaviour of the diatom *Surirella gemma* in response to some tidal and diurnal stimuli. *Br. phycol. Bull.*, vol. 2, 1965, p. 513-514.
- Hugues D.A. Responses to salinity change as a tidal transport mechanism of pink shrimp, *Penaeus duorarum*. *The biol. Bull.*, vol. 136, n° 1, feb. 1969, p. 43-53.
- Jerome J.K. *Three men on the bummel*, traduction approchée: *Trois hommes en balade*, chap. IV.
- Lennon J.-F. Is a variation of the temperature in a tidal pool circadian or circatidal ? A paradigm for studying the biological rhythms in the tidal zone. *Chronobiology International*, 12, 1995, p. 229-236.
- Lennon J.-F. & Clique A. L'activité locomotrice des crevettes *Palaemon serratus* et *Palaemon elegans* : exemple de rythme biologique à deux synchroniseurs (lumière et marée), 16^e Congrès annuel du Groupe d'Étude des Rythmes biologiques, Paris, 24-27 mai 1984.
- Lennon J.-F. & Clique A. Les rythmes d'activité locomotrice des crevettes *Palaemon serratus* et *P. elegans* : un exemple de turbulence faible dans le domaine biologique. In : *IV^e séminaire de l'école de biologie théorique* (G. Bencherit & J. Demongeot ed.) éd. du C.N.R.S., Paris 1985, p. 235-240.
- Lennon J.-F. & Clique A. Chaos dans les rythmes biologiques des organismes de la zone des marées. *Annales des Télécommunications*, t. 42, n° 5-6, mai-juin 1987, p. 339-345.
- Martin L. La mémoire chez *Convoluta*. Thèse, Sciences, Paris, 1909, 337 p., 5 pl.
- Morgan E. The activity rhythm of the Amphipod *Corophium volutator* (Pallas) and its possible relationship to changes in hydrostatic pressure associated with the tides. *J. Anim. Ecol.* vol. 34, oct. 1965, p. 731-746.
- Morgan E. An appraisal of tidal activity rhythms. *Chronobiology International*, vol. 8, n° 4, 1991, p. 283-306.
- Morgan E., Nelson-Smith A. & Knight-Jones E.W. Responses of *Nymphon gracile* (Pycnogonida) to pressure cycles of tidal frequency. *J. exp. Biol.*, vol. 41, 1964, p. 825-836.

(Suite page 14)

(Suite de la page 13)

Palmer J.D. *Tidal rhythms : the clock control of the rhythmic physiology of marine organisms*. *Biol. Rev.*, t. 48, 1973, p. 377-418.

Palmer J.D. *Biological clocks in marine organisms : the control of physiological and behavioral tidal rhythms*. John Wiley & Sons, New York - London - Sydney - Toronto, 1974, XII + 173 p.

Palmer J.D. & Round F.E. *Persistent vertical-migrations in benthic microflora. I. The effect of light and temperature on the rhythmic behaviour of Euglena obtusa*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, t. 45, 1965, p. 567-582.

Papi F. & Papi L. *On the lunar orientation of sandhoppers (Amphipoda Talitridae)*. *Biol. Bull.*, vol. 124, n° 1, feb. 1963, p. 97-105.

Pflüger W. & Neumann D. *Die Steuerung einer gezeitenparallelen Schlüpfrythmik nach dem Sanduhr-Prinzip*, *Oecologia (Berl.)*, Bd. 7, 1971, p. 262-266.

Les rythmes syzygiques, de 14,8 jours

Le cycle de la lunaison (nouvelle Lune – pleine Lune), d'environ un mois, est dû à la position respective du Soleil, de la Lune et de la Terre ; il se manifeste non seulement par la portion du disque lunaire que nous voyons éclairée, mais aussi par des effets de gravité qui agissent sur l'amplitude des marées à raison de deux cycles par lunaison.

On qualifie de syzygiques des rythmes semi-mensuels de variation d'amplitude des marées. On parle de syzygie quand il y a conjonction ou opposition entre la Lune et le Soleil vus de la Terre, c'est-à-dire lorsque les effets de la Lune et du Soleil s'ajoutent ou se retranchent au maximum ; les marées ont alors un maximum d'amplitude (vive eau). Cela se produit deux fois par lunaison, donc à des intervalles de 14,76 jours en moyenne. Il y a deux cycles de marées de vive eau et de morte eau par mois lunaire ; pour désigner leur périodicité on emploie le terme semimensuel, ou plus précisément semilunaire. Les êtres vivants adaptés à ce cycle manifestent des rythmes « circa » : circasemilunaires, circa-0,5-lunaires, ou circa-15-diens, ou encore circasyzygiques, termes interchangeable selon les points de vue. On sait que pour la plupart des auteurs le préfixe « circa » implique l'aptitude du rythme à s'autoentretenir même en l'absence de signaux temporels de même période, alors que pour d'autres auteurs il n'implique aucune démonstration du caractère endogène du rythme, mais seulement le fait que le vivant ne s'aligne qu'imparfaitement sur les périodicités de l'environnement.

Une préoccupation de type « histoire naturelle » a poussé certains auteurs, comme Jean Feldmann, à étudier ce qu'on appelle la « phénologie » des organismes du littoral, c'est-à-dire le déroulement de leur comportement le long de l'année. Ainsi l'algue verte *Halicystis parvula* émet ses gamètes tous les 15 jours (Abélard et Feldmann 1958). Bünning rappelle qu'il en est de même de la laitue de mer, l'algue verte bien connue *Ulva lactuca*.

Un exemple végétal classique est celui de l'algue brune *Dictyota dichotoma*, qui libère ses gamètes femelles et mâles à la fin de l'été, à des intervalles de 14 ou 15 jours, en quelques heures chaque fois. La valeur sélective est évidemment liée à la probabilité de rencontre des gamètes (Hoyt, 1927). Mais comment le processus est-il réglé ? Une élève de Bünning, Vera Vielhaben, cultive cette algue dans un cristalliseur, sous un régime de 14 heures d'éclairement par 24 heures, à 20 °C. Même si la culture présente d'abord une périodicité de 14 ou 15 jours, après quelques mois de ce traitement, cette périodicité circa-15-dienne s'estompe. L'auteur fait alors survenir une fausse « pleine Lune » consistant en un éclairage nocturne très faible (0,3 lux ; deux heures suffisent). Le dixième jour se produit un maximum d'émission de gamètes, puis le vingt-cinquième jour, etc. Voici donc un système oscillatoire de période circa-15-dienne déclenché par une lumière nocturne mimant un effet lunaire. Le protocole expérimental ne permet pas de poser la question de l'adaptation à l'émergence par les marées. Mais ce travail apporte la démonstration de l'aptitude de cellules algales à réagir à un signal lumineux d'intensité lunaire. De même, dans le monde animal, Hauenschild avait provoqué un rythme de période circasemilunaire de l'essaimage chez un ver marin, le *Platynereis dumerilii*.

Le moustique *Clunio marinus*, dont il a été question plus haut, de la zone de balancement des marées, possède un rythme de formation et d'éclosion des pupes d'une quinzaine de jours susceptible d'être entraîné par la combinaison d'un cycle lumière-obscurité de 24 heures et d'un cycle de 12,4 heures de stimulation mécanique simulant les marées (Neumann). On peut se demander si ce rythme ne représente pas une combinaison d'un rythme biologique de marée (ou de jour lunaire) avec un rythme biologique quotidien : il y a 0,8 heures de différence entre 24 et deux fois 12,4 ; tous les 15 jours environ, un rythme biologique de marée se retrouverait en effet à la même phase d'un rythme biologique quotidien, provoquant un phéno-

(Suite page 15)

(Suite de la page 14)

mène de battement ; on remarquera l'analogie avec les mouvements eux-mêmes de la marée, dans lesquels ces différents rythmes se combinent. Cette hypothèse est compatible avec les expériences dans lesquelles V. Vielhaben soumet les algues à des cycles lumière-obscurité non pas de 24 heures mais de 23 heures ou de 24,5 heures, ce qui doit a priori modifier la période du battement : effectivement la période de libération des gamètes est modifiée dans le sens prévu (11-12 jours, 16-17 jours). Cependant l'hypothèse du battement entre deux rythmes est contredite par les expériences de Hauenschild sur le *Platynereis* et celles de Neumann sur le moustique *Clunio*.

On peut multiplier les exemples. Ainsi le crustacé isopode *Eurydice pulchra* offre une combinaison d'un cycle tidal et d'un rythme endogène circasemilunaire. (Fish & Fish 1972, Alheit & Naylor 1976). On entrevoit la complexité des rythmes biologiques qui se déroulent chez les algues et les animaux du milieu très compliqué que constitue le littoral.

Rythmes d'un mois lunaire des organismes marins (rythmes synodiques)

Le mois lunaire, nous l'avons dit, dure en moyenne 29 jours, 12 heures, 44 minutes et quelques secondes. Il a été observé par l'humanité depuis des temps immémoriaux. Chacun sait qu'il est à l'origine de calendriers antiques, athéniens par exemple, dans lesquels des mois de 29 jours alternaient avec des mois de 30 jours. Il est à la base de la plupart des traditions populaires liées à la Lune. Mais du point de vue biologique, ce n'est pas un simple mythe : il se manifeste de manière indiscutable dans la vie de nombreux organismes. Considérons ici le cas des espèces marines.

En ce qui concerne les algues on doit citer à nouveau l'algue brune *Dictyota dichotoma*, dont une variété émet ses gamètes non pas tous les 14 ou 15 jours, mais à peu près tous les 29 jours. Kurt Beth a décrit un rythme d'environ 28 jours de la formation des gamètes de l'algue verte *Halimeda tuna*. On peut admettre que ces rythmes ont une valeur sélective, du fait de la simultanéité de l'émersion des gamètes à des moments précis, ce qui doit favoriser leurs rencontres.

Un professeur de zoologie de l'Université de Birmingham, Harold Munro Fox (1869-1967), a dirigé une expédition au canal de Suez, à la suite de laquelle il a publié plusieurs mémoires extrêmement remarquables à l'époque, sur la périodicité lunaire dans la respiration et la reproduction des invertébrés marins, s'appuyant sur ses propres observations et sur les textes des anciens. Il rappelle que depuis l'antiquité on a prétendu que les moules, les oursins, les crabes sont « pleins » en pleine Lune et « vides » en nouvelle Lune. Cela signifierait que les gonades de l'oursin et les muscles du crabe varient comme la Lune : on reconnaît ici l'idée animiste d'analogie, qui est aussi à la base des traditions populaires paysannes. L'affirmation a été largement démontrée fautive. Cependant Fox déclare avoir observé ce phénomène (statistiquement ?) à Suez pour un oursin (*Centrochinus [Diadema] setosus*) ; il suppose que cette observation a pu être faite localement au Moyen-Orient, de manière tout à fait objective, pour une espèce, et que la croyance a pu se répandre, à tort, pour d'autres espèces, tout autour de la Méditerranée.

Parmi les invertébrés marins, il faut citer l'*Eunice viridis*. En octobre et en novembre (au printemps austral, saison appelée « spring » comme le printemps septentrional), de un à trois jours après le dernier quartier de la Lune (the « third » quarter, comme on écrit, selon une terminologie inhabituelle en français), au lever du Soleil, les Fidjiens vont pêcher ce ver marin. À ces dates, ils savent pouvoir trouver à la surface de la mer les segments gonflés de gamètes que ce ver y a laissés monter en quantité si abondante qu'on les prendrait pour des spaghettis en train de bouillir, comme le rapporte Palmer ; ils « savent » la date, mais les vers, comment la « savent »-ils ? La valeur sélective ici encore est évidente : la simultanéité de la libération des gamètes femelles et mâles augmente la probabilité de rencontre (jointe à l'ascension, dirigée à la fois par la lumière et la gravité) : il y a là comme un vrai rendez-vous, à tel endroit, à tel moment, le moment étant fixé par rapport à trois donneurs de temps, un annuel, un lunaire et un journalier.

Nous devons à Jean-Pierre Renon, d'Orléans, d'utiles précisions. Le phénomène de l'essaimage de ce ver polychète a été remarqué dès 1843 par les Européens à cause de sa dimension anthropologique. La tradition persiste actuellement, avec récolte, cuisson et consommation, à titre un peu folklorique, comme la pêche au caillou en Polynésie ou la galette des rois en France. L'animal est récolté par les indigènes de l'archipel des Samoa (sous le nom de palolo), de l'archipel des Fidji (mbalolo) et des Nouvelles Hébrides, actuellement Vanuatu, et nulle part ailleurs. Pourtant l'essaimage est pour ainsi dire une règle ; il est bien connu dans deux familles de polychètes, par exemple chez le *Platynereis dumerilii*, en Bretagne, à Concarneau, ou l'*Eunice fucata* dans les récifs de Floride : mais dans ces derniers cas le phénomène n'a été révélé que par l'observation scientifique, il n'y a pas de récolte par l'homme, ni de nom vernaculaire. Mme

(Suite page 16)

(Suite de la page 15)

Peyrot-Clausade, d'Endoume, confirme que lors de ses missions elle n'a jamais entendu parler de ce phénomène ailleurs que dans les archipels mentionnés : rien en particulier sur la Grande Barrière australienne, rien dans l'Océan Indien.

Ce phénomène a été observé chez de nombreuses espèces de polychètes : la date varie selon les espèces et parfois selon les lieux. Pour le palolo, sa répétition est la manifestation directe d'un rythme synodique ; est-ce une réponse immédiate au signal « dernier quartier » ? Dans cette hypothèse d'un rythme purement exogène, on pourrait penser à un signal gravitationnel très subtil, mais ce serait un cas bien exceptionnel chez les êtres vivants ; ou bien encore s'agirait-il d'un signal lumineux provenant de la Lune ? On s'attendrait alors à de larges fluctuations, selon les conditions météorologiques, si le rythme était purement exogène. Au contraire, le début de deux essaimage est sensiblement séparé par une lunaison (en éliminant les observations annoncées comme 1^{er} novembre, sur 19 cas, il y a 1 intervalle de 27 jours, 7 de 28, 8 de 29 et 3 de 30) ; les dates elles-mêmes de ces débuts sont sensiblement fixées aux jours des derniers quartiers (en procédant à la même élimination, sur 83 cas, 6 à J-2, 23 à J-1, 38 à J, 14 à J+1 et 1 à J+2). Les deux fourchettes de variabilité sont étroites, elles se confirment l'une l'autre, elles laissent supposer que l'information lunaire a joué pendant une certaine durée, antérieurement à l'essaimage, sur une horloge interne, qu'il s'agisse d'un système de type sablier ou de type oscillateur périodique circasynodique ; cette horloge interne se manifesterait pour la première fois au dernier quartier d'octobre, mais aurait été préalablement synchronisée (par la marée ? par la lumière lunaire ?) sans s'être manifestée visiblement au cours des cycles précédents. Il n'est pas exclu qu'elle mette en jeu des interactions entre plus d'une espèce vivante.

Le rythme synodique des coraux au cours des temps géologiques

Les géologues connaissent depuis longtemps les méthodes de la géochronologie reposant sur l'analyse des varves, ces dépôts sédimentaires dans lesquels on distingue la trace des années successives, avec leurs fluctuations au cours des temps. Beaucoup d'espèces vivantes s'accroissent d'une manière périodique, rythmée par les variations du milieu, et enregistrent dans leur organisme les cycles de l'environnement. Les cernes annuels que l'on voit dans les troncs d'arbres sont les témoins météorologiques des années précédentes, les archéologues les utilisent pour dater le bois de vestiges anciens : c'est la dendrochronologie ; les écailles de certains poissons permettent de dénombrer leurs années d'âge ; la tige de diverses plantes grimpantes comporte des nœuds et des entre-nœuds quotidiens constituant un calendrier éphéméride. Certains coraux, les coquilles de certains mollusques bivalves, présentent des stries quotidiennes d'accroissement inégalement distantes, parmi lesquelles on repère la marque des années et des lunaisons. Franck Gentil nous signale que « des travaux sur les stries journalières de croissance chez certains bivalves littoraux démontrent une réaction aux périodes d'émergence. » Coquilles et coraux se prêtent à la fossilisation, de sorte que plusieurs auteurs ont proposé une géochronométrie fondée sur la paléobiologie : John H. Wells, de l'Université Cornell, Giordio Pannella de l'Université Yale à New Haven et S.K. Runcorn. Ces chercheurs ont pu confirmer qu'il y a de moins en moins de jours dans l'année. Les astronomes le savaient déjà : ils connaissaient l'accélération séculaire, c'est-à-dire à long terme, du déplacement de la Lune et le ralentissement séculaire de la rotation de la Terre sur son axe ; ils savaient que cet allongement de la durée du jour est dû aux pertes d'énergie concomitantes des marées ; ne nous aventurons pas dans ce domaine et revenons à nos fossiles. Pour la période synodique, actuellement de 29,53 jours en moyenne, l'étude des fossiles donne un nombre de jours croissant progressivement quand on remonte dans le temps, jusqu'à 31,56 jours il y a 500 millions d'années, mais, bien sûr, les jours étaient plus brefs que maintenant ; ce que l'on peut trouver intéressant, c'est que, en outre, les fossiles ont enregistré des variations séculaires non uniformes, plus ou moins rapides selon les époques.

Et c'est ainsi que les paléontologistes, qui sont des biologistes rétrospectifs, croyant malgré les astronomes à l'action de la Lune sur les êtres vivants, ont apporté leur pierre à la connaissance astronomique.

Marées d'équinoxe

Comme rythmes de marée, on pourrait citer les marées d'équinoxe. Il y a en effet des niveaux marins qui sont émergés deux fois par an (à six mois d'intervalle environ). Plusieurs espèces d'algues, notamment parmi les grandes laminaires, se trouvent à l'air libre aux équinoxes. On n'insistera pas : d'une part ce rythme semestriel n'est pas vraiment lunaire, nous l'avons vu, même si ses manifestations s'ajoutent aux effets de la Lune ; d'autre part ce rythme semestriel des marées concerne des semestres aux conditions climatiques très différentes, en sorte qu'il a des chances d'être masqué par la périodicité annuelle du climat ; enfin et surtout l'attention des biologistes n'a guère été attirée par des rythmes biologiques liés à ce

(Suite page 17)

(Suite de la page 16)

rythme des marées d'équinoxe ; nous pensons que de telles recherches donneraient peut-être des résultats intéressants sous des climats non marqués par des variations saisonnières, pour lesquels les marées d'équinoxe auraient des chances de délimiter des périodes de six mois climatiquement comparables les unes aux autres.

En outre, tous les quatre ans et demi environ ont lieu des pleines Lunes et des nouvelles Lunes pour lesquelles la Lune est voisine de l'équateur. À ces occasions, à l'époque de l'équinoxe, les marées ont des amplitudes particulièrement grandes ; ce sont toutes les marées dites du siècle, qui aident de temps à autre les journalistes à remplir des colonnes et peut-être le tourisme à stimuler son chiffre d'affaires. Mais nous sommes disposé à parier un saint-nectaire qu'il n'existe pas de rythmes biologiques de quatre ans et demi liés à ces marées.

Rythmes pluriannuels

Des chercheurs de Calcutta ont décrit des cycles de pluviosité de l'ordre de 10 ou 11 ans et de l'ordre de 18 ou 19 ans, qu'on a reliés à des variations cycliques du Soleil ou à des relations impliquant le Soleil et la Lune (Mitra & Dutta, 1992). Des cycles de durées si longues ne peuvent pas se répercuter dans la vie d'individus animaux à vie plus brève, mais pourquoi pas à l'échelle des populations ? Or il existe des variations cycliques de populations entre des espèces carnassières, prédatrices, et les espèces-proies : les unes consomment les autres jusqu'à ce qu'il en reste si peu que les prédateurs manquent de nourriture et régressent, ce qui permet à la population des proies de se développer à nouveau et ainsi de suite. On a observé au Canada des cycles dans l'abondance des mammifères herbivores et carnivores ; ces cycles se manifestent selon une grande extension géographique et avec une régularité à peu près undécennale (de onze ans) qui laisse supposer l'action régulatrice d'un facteur externe périodique. L'oscillateur serait le système proie-prédateur ; mais le signal régulateur ? On pourrait penser à un cycle solaire, qui est extérieur à notre thème lunaire. On a émis l'hypothèse d'un lien entre le photopériodisme et le cycle lunaire : le cycle annuel de la reproduction de certains animaux est réglé par la durée du jour et de la nuit ; la survenue de la pleine Lune ne pourrait-elle pas agir sur la réception du signal durée du jour et de la nuit ? On a émis l'hypothèse d'un lien régulateur dans le fait que selon la période de 11 ans une même phase lunaire revient un même jour de l'année solaire à un jour près ; l'hypothèse était intéressante ; cependant cette coïncidence approximative après onze ans, lorsqu'elle se réalise, ne se renouvelle pas onze ans plus tard mais huit ans seulement, du fait que onze et onze ne font pas dix-neuf, comme exigerait le cycle métonien. Ne nous hâtons pas de réfuter, parce qu'on peut étendre l'hypothèse à « à deux jours près » et cela assouplit la rigueur des périodes en cause, et puis les cycles proie-prédateur ont des durées diverses selon les espèces : dans ce domaine, ne nous attendons pas à des explications simples.

Nous nous étendons sur le rythme exogène de 19 ans, commandé par le cycle métonien de 235 lunaisons. Caspers avait remarqué ce cycle dans ses données. Tous les 19 ans les mêmes phases lunaires apparaissent sensiblement aux mêmes dates dans l'année. Des variations sont dues notamment aux années bissextiles. Ce cycle est une curiosité arithmétique connue depuis des millénaires en occident ; il se répercute sur le comportement du palolo. Référons-nous aux données réunies par Caspers (cité plus haut) sur l'émergence de ce polychète de 1843 à 1983, données comparées, date pour date, aux quartiers de la Lune. Les quantièmes notés sont extrêmement divers et pourraient apparaître, *au premier abord, comme aléatoires*.

L'auteur mentionne souvent deux ou trois jours d'émergence consécutifs ; nous retenons seulement le premier, aussi bien pour octobre que pour novembre. Reprenons ces données en triant (lignes horizontales) les années séparées par des intervalles de 19 ans ou des multiples de 19 ans ; cela donne 19 groupes, que nous présentons ci-dessous dans l'ordre des 19 années du cycle métoniens (ce cycle n'a pas d'année de début ni de fin). Dans l'énumération qui suit les années sont désignées par leur millésime complet ; suivent, pour chaque année, en caractères gras, les quantièmes de première émergence annoncés par Caspers pour octobre et pour novembre. Lorsque Caspers ne signale pas d'émergence en octobre (ou en novembre), le quantième correspondant est remplacé par un tiret (-). Nous n'avons mentionné que les années pour lesquelles on connaît les dates d'émergence du palolo.

1843 : 15 - ;	1862 : 15 14 ;	1938 : 16 13 ; 1957 : 14 -
1958 : - 2 ; 1977 : (4 ?) 3 ;		
1940 : 23 - ;	1959 : 24 22 ;	1978 : 23 21 ;
1865 : 12 - ;	1960 : 11 10 ;	1979 : 12 - ;

(Suite page 18)

(Suite de la page 17)

1866 : 31 1 ;	1942 : 31 - ;	1980 : 30 - ;
1867 : 21 - ;	1943 : 20 - ;	1981 : 19 19 ;
1868 : 8 8 ; 1925 : - 7 ;	1944 : 8 7 ;	
1926 : 28 - ;	1945 : 28 - ;	1964 : 27 - ; 1983 : 28 - ;
1927 : 17 - ;	1946 : 16 14 ;	
1928 : - 4 ; 1947 : (6) 4 ;	1966 : - 5 ;	
1872 : 24 - ;	1929 : 25 - ;	1948 : 24 - ; 1967 : 25 24 ;
1873 : - 11 ;	1930 : 14 - ;	1949 : - 12 ; 1968 : 13 12 ;
1874 : 31 1 ;	18 93 : 31 1 ;	1931 : - 2 ; 1950 : - 3 ;
1894 : 21 - ;	1932 : 21 19 ;	1951 : 21 21 ; 1970 : 21 19 ;
1895 : 10 8 ;	1933 : 10 - ;	1952 : - 9 ; 1971 : - 9 ;
1896 : 28 - ;	1934 : 28 - ;	1953 : 28 - ;
1897 : 16 15 ;	1935 : 18 - ;	1954 : 17 - ; 1973 : 19 - ;
1898 : - 4 ; 1936 : - 5 ;	1955 : 8 7 ;	1974 : 8 - ;
1956 : 25 - ;	1975 : 27 - ;	

Nous ne nous livrerons pas à des calculs statistiques. Le simple examen des données brutes, considérées dans l'ordre chronologique des années et des mois, montrait l'existence d'un rythme lunaire (succession des dates d'octobre et de novembre à 29 ou 30 jours d'intervalle) et d'un rythme annuel (réapparition du phénomène chaque année en octobre et novembre). Le groupement inédit présenté ici selon un système « 19 » est frappant : chaque ligne horizontale fait apparaître, en caractères gras, des quantités fort semblables ; il y a répétition presque à l'identique de la séquence établie pour 19 ans. Nous ne connaissons pas d'autre cas de mise en évidence d'un cycle métonien chez les êtres vivants, rythme de population que nous supposons exclusivement exogène, c'est-à-dire dont nous admettons qu'il disparaîtrait immédiatement si la Lune cessait de manifester cette période. Le chercheur épris de rigueur aura vite fait de remettre toutes ces données en ordre chronologique selon une seule série ; il aura intérêt à se reporter aux sources originales utilisées par Caspers : nous ne doutons pas qu'il constatera une apparence générale de désordre mais que s'il procède à des calculs appropriés, à des autocorrélations, il constatera une prééminence de la période de 19 ans ; nous lui déconseillons de chercher à ajuster ce cycle à la cosinusoïde la plus proche, selon la très belle technique du test statistique du cosinor, parce que la forme du cycle n'a rien de sinusoidal. De toute manière, ce cycle résulte ici d'une coïncidence arithmétique sans aucun intérêt biologique, le simple fait que dix-neuf années tropiques comptent sensiblement un nombre entier (235) de lunaisons.

Références

- Abélard C. & Feldmann J. Influence de la température sur la formation des gamètes d'*Halicystis parvula* Schmitz. *Bull. Soc. Phycol. Fr.*, 4, 1958, p. 163-164.
- Beth K. Reproductive phases in populations of *Halimeda tuna* in the Bay of Naples. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, vol. 32, suppl. 1962, p. 515-534.
- Bünning E. Endogene Aktivitätsrhythmen. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Bd. 2, Berlin, Springer, 1956, p. 878-907.
- Bünning E. & Müller D. Wie messen Organismen lunare Zyklen ? *Z. für Naturf.*, Bd. 16 b, H. 6, 1961, p. 391-395.
- Caspers H. Spawning periodicity and habitat of the palolo worm *Eunice viridis* (Polychaeta : Eunicidae) in the Samoan islands. *Marine Biology* 79, 1984, p. 229-236.
- F.B. Les « marées du siècle ». *Atomes*, t. 244, juin 1967, p.398.
- Feldmann J. La reproduction des Algues marines dans ses rapports avec leur situation géographique. *Ann. biol.*, t. 33, fasc. 1-2, 1957, p. 49-56.
- Fox H. M. Lunar periodicity in reproduction. *Proceed. Royal Society*, vol. 95 B, 1923, p. 523-550.
- Fox H. M. The moon and life. *Proceed. Royal Institution, Gr. Br.*, vol. 36, n° 163, 1956, p. 310-322.
- Hoyt W.D. The periodic fruiting of *Dictyota dichotoma* and its relations to the environment. *Amer. J. Bot.*, vol. 14, 1927, p. 592-619.
- Mitra K. & Dutta S.N. 18,6 year luni-solar nodal and 10-11 year solar signals in rainfall in India. *Intern. J. of Climatology*, 12, 1992, p. 839-851.
- Neumann D. Die lunare und tägliche Schlüpfperiodik der Mücke *Clunio*. Steuerung und Abstimmung und die Gezeitenperiodik. *Z. vergl. Physiol.*, Bd. 53, 1966, p. 1-61.

(Suite page 19)

(Suite de la page 18)

Neumann D. *Entrainment of a semilunar rhythm by simulated tidal cycles of mechanical disturbance*. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, vol. 35, 1978, p. 73-85.

Olive J.W. *Environmental control of reproduction in polychaeta*. *Fortschr. Zool.*, 1984, 29, p. 17-38.

Pannella G., MacClintock C. & Thompson M.N. *Paleontological evidence of variations in length of synodic month since late cambrian*. *Science*, 162, 15 nov. 1968, p. 792-796.

Renon J.-P. *Le zooplancton des milieux récifo-lagonaires de Polynésie. Variations temporelles, variations spatiales et bilan de production et d'échanges*. Thèse, Sciences nat. Orléans, 1989, 362 + 133 p.

Ringelberg J. *Introduction remarks : causal and teleological aspects of diurnal vertical migration*. In : Kerfoot W.C., *Evolution and ecology of zooplankton communities*. Univ. Press of New England, Hannover, 1980, p. 65-68.

Runcorn S.K. *Corals as paleontological clocks*. *Scientific American*, 215, 4, oct. 1966, p. 26-34.

Runcorn S.K. *Middle devonian day and month*. *Science*, 154, 3746, 14 oct. 1966 p. 292.

Vielhaben V. *Zur Deutung des semilunaren Fortpflanzungszyklus von Dictyota dichotoma*. *Z. f. Bot.*, Bd. 51, H. 2, 1963, p. 156-173.

Wells J.W. *Coral growth and geochronometry*. *Nature*, 197, 4871, 9 mars 1963, p. 948-950.

(Non signé). *Fossil clocks begin to tick*. *Nature*, vol. 220, 23 nov. 1968, p. 743-744.

Cycles biologiques lunaires en milieu continental

En dehors de la zone de balancement des marées, il paraît un peu étrange que des êtres vivants soient animés de rythmes liés à la Lune. On ne peut compter ici sur la valeur sélective de l'émergence et de l'immersion, facteurs décisifs du milieu côtier, les seuls facteurs « terminaux » dans la zone des marées ; il reste le rôle de signaux permettant au vivant de s'orienter dans l'espace ou de s'organiser dans le temps ; mais quels signaux ? Le donneur de temps que constitue l'avancée ou le recul de la mer n'existe pas ici ; parmi les facteurs physiques les plus tangibles il ne peut y avoir que des signaux de très faible énergie, comme les diverses variations de l'éclairement lunaire (la durée du jour lunaire, la polarisation de la lumière, etc.), les variations de la gravité ou des champs magnétiques, les marées atmosphériques et les variations météorologiques. Il reste aussi le rôle éventuel totalement inconnu (signal ? rôle terminal ?) de facteurs « subtils » méconnus. Donc double question : en milieu continental, si l'on croit avoir mis en évidence des rythmes lunaires, ceux-ci sont-ils physiquement possibles ? Et « à quoi serviraient-ils ? » (c'est-à-dire : quel serait leur rôle dans la survie de l'espèce ?). On doit avoir à l'esprit ces questions si l'on considère les exemples qui suivent, même s'il est vrai qu'un phénomène biologique n'a pas besoin, pour exister, que l'on connaisse son mécanisme ni son rôle.

Le crépuscule est la lumière que donnent les couches supérieures de l'atmosphère, encore éclairées par le Soleil, lorsque celui-ci est descendu au-dessous de l'horizon ; on définit le crépuscule civil comme limité par un angle d'abaissement du centre du Soleil de 6° et le crépuscule astronomique de 18° ; à Paris selon la saison, la durée du crépuscule civil varie de 31 à 39 minutes, le crépuscule astronomique de 99 à 154 minutes ; à l'équateur le parcours diurne du Soleil est à peu près orthogonal à l'horizon, ce qui détermine un crépuscule respectivement de 22-24 et de 70-76 minutes. Ce crépuscule beaucoup plus bref fait que l'on passe assez brusquement du plein jour à « l'obscurité clarté qui tombe des étoiles » qui ressemble à une nuit noire. Rappelons en outre que la pleine Lune se lève à peu près à l'heure du coucher du Soleil. Alors il n'est pas négligeable, surtout sous les basses latitudes, qu'une nuit de pleine Lune prolonge le crépuscule, constituant un temps réellement différent des autres, pendant lequel l'animal peut s'orienter, se déplacer, tout en risquant peu d'être vu par les prédateurs. L'adaptation à ce créneau crépusculaire pour la pleine Lune peut jouer un rôle fonctionnel.

La nuit est un temps favorable à bien des animaux, que l'obscurité protège contre les prédateurs ; la pleine Lune atténue l'obscurité, elle peut permettre à l'animal-proie nocturne de s'orienter plus facilement mais inversement, au prédateur nocturne de capturer plus facilement ses victimes. Un rythme lunaire pourra se manifester dans une population par l'intermédiaire de prédateurs chassant et consommant de manière plus intense par pleine Lune ; cela peut entraîner la sélection de mutations protectrices ; il peut être de bonne valeur sélective pour la survie d'une espèce aquatique lorsque survient la pleine Lune, que les individus ne restent pas rassemblés près de la surface de l'eau. Par exemple, Geoffrey Fryer donne des observations sur le plancton des lacs, montrant, pour quelques espèces, de grandes variations dans les effectifs des populations, nettement en corrélation avec le cycle lunaire.

On se rappelle que les insectes ont d'abord une vie larvaire, puis un stade de nymphe, puis une vie d'a-

(Suite page 20)

(Suite de la page 19)

dulte ; l'animal (l'imago) qui sort de la nymphe est ailé et capable de sexualité ; suivant les espèces il présente un rythme quotidien d'activité soit diurne, soit crépusculaire, soit nocturne.

Dans ce chapitre, il sera surtout question des animaux et de l'homme, parce que nous avons relaté ailleurs le cas des végétaux continentaux et parce que pour ces derniers la plupart des assertions sélénien-nes sont fausses.

Suivant G.J. Youthed et V.C. Moran, la larve du fourmilion a une activité de construction de son puits sur-tout centrée sur le crépuscule ; cette activité est plus grande à l'époque de la pleine Lune que de la nou-velle Lune. Il y a également un maximum d'activité chaque jour, quatre heures après le lever de la Lune. Il y a donc trois rythmes, quotidien, lunidien et synodique : tous les trois sont capables de se poursuivre en libre cours. On pouvait se demander si les fluctuations liées à la Lune étaient dues à une influence directe favorable de la lumière sur l'activité de chasse ; les auteurs ont montré que non.

En Australie, en Floride et surtout en Afrique tropicale, on a observé des variations quantitatives de nom-breuses espèces d'insectes volants (papillons, moustiques et autres). Les expériences ont été réalisées grâce à des pièges lumineux. Les phénomènes biologiques ainsi mis en évidence ont été passés en revue et discutés notamment par Dietrich Neumann, de Cologne, et W. Danthanarayana, de Nouvelle Galles du Sud.

L'insecte éphémère, aux larves aquatiques, *Pavilla adusta*, éphéméroptère africain du lac Victoria et du lac Albert, émerge de sa nymphe et essaime pendant cinq jours centrés sur la pleine Lune ; à ce moment, le lever de la Lune, le soir, allonge le temps de faible éclaircissement de la nuit tombante ; cela facilite l'accou-plement et la ponte de cet animal crépusculaire à vie courte. L'émergence au moment de la pleine Lune persiste en laboratoire, en l'absence d'éclaircissement lunaire, de sorte que l'on peut admettre une compo-sante synodique endogène (Hartland Rowe, 1955).

W.L. Bidlingmayer (1964) a étudié un moustique commun sur les marais salants de Floride, l'*Aedes taeniorhynchus* : les captures sont cinq fois plus nombreuses par les nuits de pleine Lune que de nouvelle Lune. On conçoit que la lumière de la pleine Lune puisse jouer un rôle dans les déplacements d'un insecte doué du sens de la vision. Cependant, au contraire, Anderson, a observé une baisse de l'activité nocturne d'insectes aquatiques par pleine Lune. Chaque espèce a sa niche écologique.

William B. Kerfoot (1967, 1968) a étudié une abeille solitaire d'Amérique du Nord, le *Sphecodogastra texana* ; il a constaté que le nombre d'abeilles prises au piège pendant le temps d'éclaircissement lunaire s'ac-croît de la nouvelle Lune à la pleine Lune ; ensuite, l'abeille a une activité crépusculaire.

Le Japonais Kiyomitsu Ito et ses collaborateurs se sont intéressés à une punaise ravageuse du riz, en Malaisie, le *Scotinophara coarctata*. Ils ont capturé ces insectes au moyen de pièges lumineux tous les jours pendant plus de trois ans ; les résultats sont frappants : les captures sont abondantes surtout à la pleine Lune et aussi les quelques nuits qui précèdent et qui suivent ; au contraire elle sont nulles ou pres-que nulles à l'époque des nouvelles Lunes.

Dans la Nouvelle Galles du Sud, la sauterelle *Culex australicus* et le *Phitella xylostella* ont montré une périodicité complexe des vols ; le maximum est nocturne (rythme quotidien) avec une organisation lunaire trimodale, à trois maximums par lunaison, l'une à la pleine Lune, les deux autres près du premier et du der-nier quartier. D'après W. Danthanarayana, ces trois maximums par cycle lunaire correspondraient à trois sous-populations d'individus, chaque sous-population ayant un seul maximum par lunaison. Les vitesses de vol permettent de dire qu'il s'agit de migrations aidées par le vent.

Martin Kavaliers a étudié un poisson d'eau douce, le *Catostomus commersoni*, prélevé dans la nature puis placé dans un milieu présentant un gradient de température, allant de 12 à 28 °C. L'ensemble est soustrait aux variations externes de l'éclaircissement et soumis à une alternance quotidienne de lumière et d'obscurité. L'animal se place préférentiellement à une température qui varie de manière quelque peu sinu-soïdale, plus fraîche pendant la journée et plus chaude pendant la nuit. Mais par nouvelle Lune il choisit des températures plus élevées de 2 à 3 degrés que par pleine Lune. Tout se passe comme s'il s'agissait d'un rythme synodique endogène, à moins d'admettre que le signal lunaire ait un vecteur autre que la lu-mière, non maîtrisé par l'expérimentateur et continuant d'intervenir durant l'expérimentation en conditions supposées constantes. On peut douter de la valeur sélective de ce phénomène.

Archibald-Alexandre Quartier, du Musée d'histoire naturelle de Neuchâtel, disposait de statistiques de la pêche dans le lac de Neuchâtel depuis 1917. La quantité de truites pêchées par filets flottants varie beau-

(Suite page 21)

(Suite de la page 20)

coup : en pleine Lune on observe un minimum inférieur à 100 unités, en nouvelle Lune un maximum de l'ordre de 300 (été 1964) ; les valeurs absolues changent au cours des temps, mais les fluctuations sont remarquablement régulières, presque sinusoïdales. Il faudrait confronter les données, quantième après quantième, avec celles de la météorologie (variations de la nébulosité nocturne, nuits luneuses ou non). Mais la truite a bonne vue : se laisse-t-elle plus facilement prendre dans les filets par nuit noire ? Ou bien son comportement dépendrait-il de celui du plancton ? Cependant un sceptique pourrait se demander si le phénomène n'est pas créé de toutes pièces ou amplifié par les pêcheurs, par leurs convictions et leurs habitudes : les pêcheurs placent moins de filets les soirs où ils prévoient que la pêche ne sera pas bonne.

Une autre truite, le *Salmo gairdneri* (Rainbow trout), présente un rythme de croissance, avec un maximum peu après la pleine Lune (Farbridge & Leatherland) ; mais les données ne portent que sur deux mois, ce qui est très insuffisant.

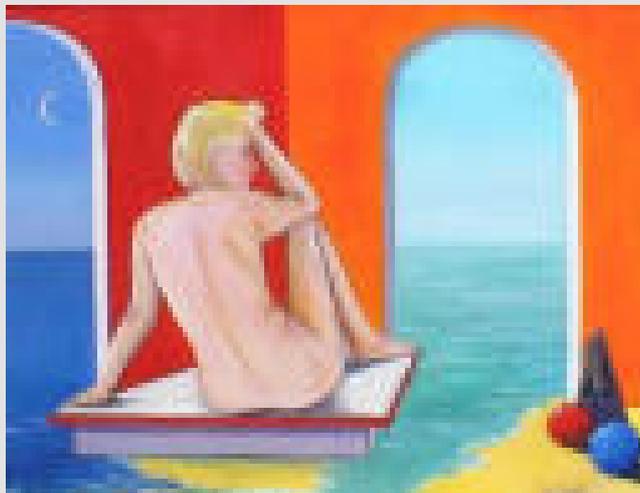
En dehors des insectes, considérés plus haut, on connaît de nombreux exemples d'animaux dont les déplacements varient selon les phases de la Lune. Par exemple, Gwinner a étudié l'activité locomotrice d'oiseaux migrateurs (rouges-gorges et rouges-queues) en cages, dans des conditions naturelles d'éclairage. Presque tous les individus ont montré une activité d'agitation nocturne plus intense par pleine Lune. Cela laisse supposer que l'activité migratoire est plus grande par pleine Lune qu'aux autres phases de la Lune.

U.M. Cowgill et ses collaborateurs ont observé chez certains mammifères lémuriers une activité sexuelle maximale en pleine Lune ; les auteurs émettent beaucoup de réserves sur la validité de leurs expériences, mais celles-ci sont en accord avec des résultats obtenus par ailleurs sur d'autres espèces.

Un singe nocturne, l'*Aotus trivigatus* a une activité plus grande par pleine Lune que par nouvelle Lune : il s'agit, selon Erkeit (1974), d'une horloge circadienne modulée de manière exogène par la lumière lunaire.

Retenons que les cycles lunaires ont des répercussions indiscutables sur l'organisation temporelle de certains êtres vivants, même en dehors des océans. Ces phénomènes ne sont pas toujours très spectaculaires ; ils concernent souvent des espèces de pays exotiques, dont on parle peu.

Quelques références



Anderson N.H. Depressant effect of moonlight on activity of aquatic Insects. *Nature*, vol. 209, n° 5020, 15 janv. 1966, p. 319-320.

Bidlingmayer W.L. The effect of moonlight on the flight activity of mosquitoes. *Ecology*, 45, 1, 1964, p. 87-94.

Cowgill U.M., Bishop A., Andrew R.J. & Hutchinson G.E. An apparent lunar periodicity in the sexual cycle of certain Prosimians. *Proc. natl. Acad. Sc.*, vol. 48, n° 2, feb. 1962, p. 238-241.

NDLR.- A la demande de la Rédaction, Lucien Baillaud a aimablement accepté de revoir le texte qu'il avait soumis pour publication et de l'amputer de plus de 10 pages. Qu'il soit remercié, lui aussi, pour l'effort qu'il a fourni, un effort qui ne va pas nécessairement de soi.

PRIX "JEUNE CHERCHEUR" 2004

La Société Francophone de Chronobiologie (SFC) se propose d'accorder un prix "Jeune Chercheur" d'un montant de 1000 Euros. Il a pour but de distinguer des travaux scientifiques de haut niveau dans le domaine de la recherche sur les rythmes biologiques, qu'elle soit fondamentale ou appliquée.

Public concerné

Le prix sera attribué à un chercheur de moins de 32 ans, d'expression française.

Le lauréat s'engage à rédiger un article dans son domaine dans le journal "Rythmes". Il peut être ou non membre de la SFC et il présentera, dans tous les cas, des travaux lors de la remise du prix.

Dates

Le prix sera attribué à l'occasion du Congrès de la Société Francophone de Chronobiologie qui aura lieu les 17, 18 et 19 mai 2004 à Rennes (Ille et Vilaine).

Les dossiers devront être envoyés avant le 29 février 2004

Dossier

Dossier à fournir en 6 exemplaires :

- 🕒 - CV avec photo ;
- 🕒 - un résumé des travaux en une page ;
- 🕒 - une description des résultats et perspectives sur 5 à 10 pages ;
- 🕒 une liste des publications scientifiques en faisant apparaître dans 3 chapitres différents :
 - 🕒 les publications de niveau international,
 - 🕒 les publications de niveau national,
 - 🕒 les chapitres de livres.
- 🕒 Par ailleurs devront apparaître dans un chapitre distinct les communications aux congrès internationaux et nationaux.

La candidature peut être déposée par le candidat et accompagnée d'une lettre de présentation du Directeur de recherche du laboratoire. Elle peut être également proposée par un membre de la Société Francophone de Chronobiologie après accord du candidat.

Les dossiers seront adressés au Secrétaire Général de la Société :

Le jury est composé du Président de la Société, du Secrétaire Général et de 3 membres de la Société, qu'ils soient ou non membres du CA.

Chaque dossier sera transmis à deux rapporteurs, membres du jury. La commission d'évaluation se réserve le droit de ne pas attribuer le prix si aucun dossier n'atteint le niveau souhaité.



Alain Blanc

Secrétaire Général de la SFC

Laboratoire de Biologie Animale et Appliquée

Faculté des Sciences et Techniques

23, rue P. Michelon

42023 St-Etienne cedex 2 France

Mél : alain.blanc@univ-st-etienne.fr

Chronobiologistes...

encore un effort pour vos contributions à Rythmes.

Vous pouvez (et devez!) contribuer à la vie de la Société Francophone de Chronobiologie en envoyant vos contributions à Bernard Millet, Laboratoire de Biologie et Ecophysiologie, Place Leclerc, 25030, Besançon Cedex, France bernard.millet@univ-fcomte.fr.

Maintenant, personne n'écrit plus à la main. C'est pourquoi, il est impératif de nous envoyer vos contributions sous forme informatique, textes et figures. Cela assurera la qualité de ce qui est reproduit. En effet, tout document papier (figures comprises...) doit être « rescanné » et donc perd énormément en qualité. Aucune contribution papier ne pourra être acceptée sans être accompagnée de sa version informatique.

Vous devez faire envoyer vos contributions en document attaché. Les fichiers seront préférentiellement sauvegardés au format RTF (Rich Text Format) après avoir été produits par un traitement de texte standard. Dans l'ordre des préférences, les formats suivants sont acceptés : RTF, MS Word PC, MS Word Mac, StarOffice/OpenOffice. Hors ces formats répandus, il est impératif de nous faire parvenir un fichier texte ASCII sans retour à la ligne, mais en conservant l'accentuation. Aucun autre format ne pourra être traité. Si vous ne pouvez vous passer d'utiliser un logiciel exotique, veuillez transférer votre texte directement dans le e-mail par un copier-coller ; en aucun cas en fichier attaché.

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

De même, évitez les lignes blanches pour marquer les paragraphes ainsi que les mises en page complexes, que nous devons de toutes façons changer pour rester dans le style du journal. Dans le numéro 1 - 2, de juin 99 de RYTHMES nous vous expliquions en détail comment préparer votre texte afin de faciliter la tâche des bénévoles qui font Rythmes.

Enfin, vous devez envoyer vos contribution par courrier électronique à bernard.millet@univ-fcomte.fr avec copie à vibert@u444.jussieu.fr et jacques.beau@iut-cachan.u-psud.fr.

Jacques Beau & Jean-François Vibert

Société Francophone de Chronobiologie

Président	Bernard Bruguerolle Bernard.bruguerolle@univ-mrs.fr
Vice président	Edgar Wagner wagner@uni-freiburg.de
Secrétaire général	Alain Blanc alain.blanc@univ-st-etienne.fr
Trésorier	Bernard Buisson bernard.buisson@univ-st-etienne.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

Lucien Baillaud

Jacques Beau

Alain Blanc

Bernard Bruguerolle

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 : Bernard Bruguerolle. Rédacteur en chef : Bernard Millet. Réalisation : Jacques Beau et Jean-François Vibert. Impression : Université de Saint-Étienne. Comité de rédaction : Jacques Beau, Bernard Millet, François Testu et Jean-François Vibert. Impression : Université de Saint-Étienne.

Site Web : <http://www.univ-st-etienne.fr/sfc> Numéro ISSN 0154-0238.