

mécanismes moléculaires des horloges font l'objet de nombreuses recherches, en raison de leurs implications dans certains troubles métaboliques humains. Chez l'homme, l'une de ces horloges, située dans le foie, influe sur la transformation des nutriments et sur des paramètres physiologiques tels que la glycémie. Des résultats récents suggèrent que chez les oiseaux, elle joue aussi un rôle important dans la régulation du métabolisme pendant la migration.

L'un de nous (P. Bartell) a ainsi montré que l'horloge circadienne hépatique change notablement chez des fauvettes à tête noire (*Sylvia atricapilla*) manifestant une activité

de *Zugunruhe*. En particulier, la concentration de certaines molécules ne varie plus aux mêmes moments et la quantité de nombreuses protéines d'horloge fluctue entre des maximums plus élevés et des minimums plus faibles. Lors de cette étude, les oiseaux étaient soumis à des durées constantes du jour, ce qui montre que les modifications de l'horloge hépatique sont déclenchées par des signaux circannuels internes. En outre, ils ne mangeaient pas la nuit ; les changements physiologiques ne résultent donc pas de décalages entre les repas, ni de différences entre les nutriments absorbés.

Au cours de la migration, les oiseaux se nourrissent toujours le jour, mais le vol, très consommateur d'énergie, se décale vers la nuit. Il semble que pendant la journée, l'horloge hépatique prépare le corps de l'oiseau au vol nocturne en entraînant la synthèse de protéines nommées PPAR γ , qui favorisent la production et le stockage des graisses (voir l'encadré ci-dessous). Inversement, la nuit, l'horloge hépatique accélère le métabolisme des lipides et donc la production d'énergie pour le vol.

Ces expériences soulignent les relations complexes entre les horloges biologiques internes, le métabolisme des graisses et la

HORLOGES INTERNES ET MÉTABOLISME DES GRAISSES : DE MULTIPLES INTERACTIONS

Dans l'horloge circadienne des vertébrés interviennent quatre protéines principales, nommées CLOCK, BMAL, Period (Per) et cryptochrome (Cry). La concentration de ces protéines fluctue selon un cycle de 24 heures. Les protéines CLOCK et BMAL s'associent pour activer la transcription des gènes *Per* et *Cry*. Des protéines Per et Cry sont alors produites et se lient au complexe CLOCK/BMAL, qu'elles finissent par empêcher de réguler l'expression du génome – et donc de déclencher leur propre production. Il en résulte une diminution des quantités de protéines Per et Cry, régulièrement dégradées dans la cellule et non renouvelées. Quand elles sont devenues assez rares, le complexe CLOCK/BMAL active de nouveau la transcription des gènes *Per* et *Cry* et le cycle recommence.

Cette boucle de régulation moléculaire existe à divers endroits de l'organisme, où des groupes de cellules se coordonnent parfois pour remplir des fonctions d'horloge. Dans le cerveau, par exemple, une « horloge maîtresse » coordonne les horloges dites périphériques, telle celle localisée dans le foie, qui contrôle le métabolisme des nutriments et l'homéostasie énergétique (l'équilibre entre les apports et les dépenses d'énergie).

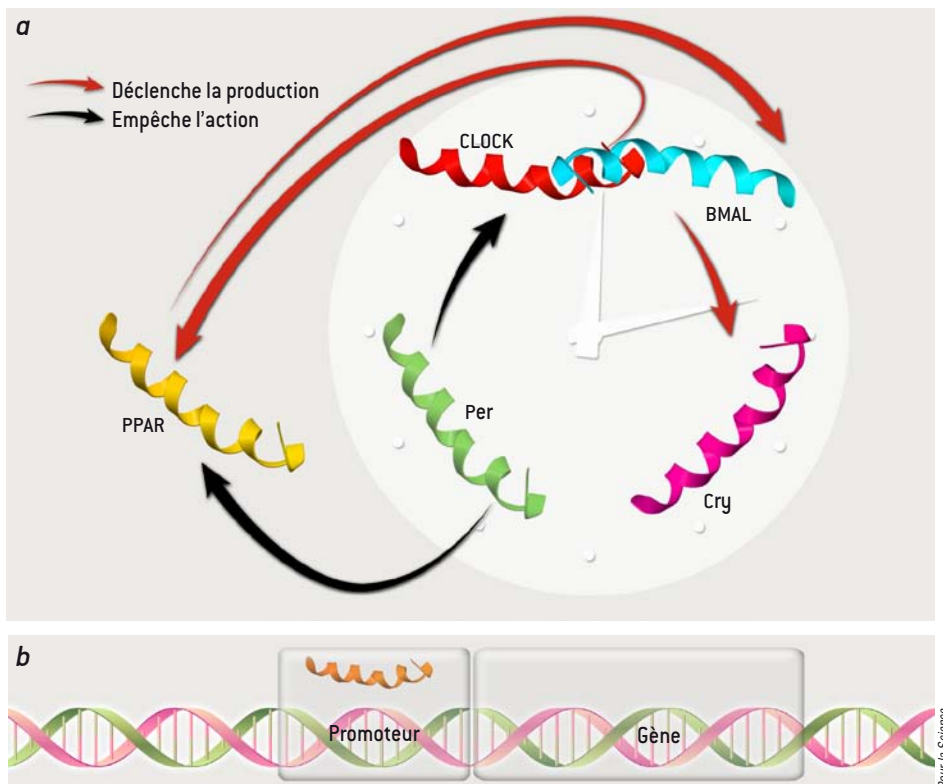
Outre *Per* et *Cry*, le complexe CLOCK/BMAL active la transcription périodique de nombreux autres gènes. L'un d'eux est celui de la protéine PPAR, qui régule à son tour la transcription d'autres gènes. Diffé-

rentes formes de PPAR assurent des fonctions distinctes. Le PPAR α , surtout présent dans le foie, favorise la dégradation des lipides. Le PPAR γ , à l'inverse, entraîne la production et le stockage de graisses. Les comportements alimentaires suivant un rythme d'environ 24 heures chez

nombre d'animaux, c'est peut-être aussi le cas de la concentration de ces composés.

Ce n'est pas la seule interaction des protéines PPAR et de l'horloge hépatique. La protéine Per limite la production de graisses en inhibant la régulation de la transcription ef-

fectuée par PPAR ; la production de Per étant périodique, il en serait de même de l'activité de PPAR. Enfin, les protéines PPAR activent l'expression du gène codant la protéine d'horloge BMAL. Ainsi, elles contrôlent l'horloge moléculaire, et sont contrôlées par elle en retour.

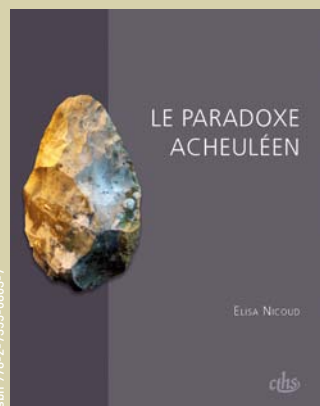


LES HORLOGES CIRCAIDIENNES DES VERTÉBRÉS sont notamment fondées sur les fluctuations périodiques des concentrations de quatre protéines [CLOCK, BMAL, Per et Cry], qui s'influencent mutuellement (a). Elles interagissent avec le métabolisme des graisses, en contrôlant la production de protéines PPAR – qui rétroagissent sur la production de protéines d'horloge – ou en inhibant leur action sur l'expression du génome. Pour déclencher l'expression d'un gène (et la production des protéines qu'il code), les protéines se fixent sur ses promoteurs, des segments d'ADN qui le précèdent (b).

Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines

Collection documents préhistoriques



isbn 978-2-7355-0803-7

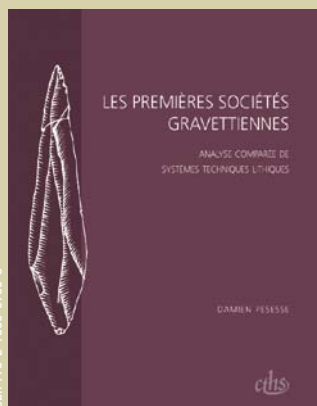
Le Paradoxe acheuléen

Élisabeth Nicoud

Les vestiges acheuléens se caractérisent par la présence d'un objet d'une même famille typologique : morphologie générale en amande, extrémité mince aux bords convergents et l'autre épaisse, deux faces taillées selon deux plans de symétrie (bifaciale et bilatérale) approximatifs. Le biface est un objet intrigant élevé au rang de « fossile directeur » d'une culture de la préhistoire, derrière lequel plusieurs éléments variés se regroupent pourtant. Nous verrons alors que ce terme générique recouvre des industries distinctes et révèle l'existence de nouvelles dynamiques de peuplement européen au Pléistocène moyen.

Coéditeur : École française de Rome

309 p., ill., 21 x 27 cm, 45 €



isbn 978-2-7355-0784-3

Les Premières sociétés gravettiennes

Analyse comparée de systèmes techniques lithiques

Damien Pesesse

L'étude des premières sociétés gravettiennes fournit un éclairage original sur les processus culturels affectant ces populations entre 31 000 et 27 000 BP. La comparaison des séries lithiques de La Gravette, Puy Jarrige et La Vigne Brun met en évidence une tradition technique cohérente qui définit la première composante gravettienne en France et dans certains pays limitrophes.

Le développement de ces pratiques et les modifications du système technique lithique à la fin de l'Aurignacien sont mis en évidence dans le gisement de l'abri Pataud.

288 p., ill., 21 x 27 cm, 45 €



isbn 978-2-7355-0731-3

Le lapis lazuli dans l'Orient ancien

Production et circulation du Néolithique au II^e millénaire av. J.-C.

Michèle Casanova

Le lapis-lazuli occupe une place de tout premier plan dans les sociétés du Proche-Orient ancien. Son histoire, entamée au Néolithique avec les parures découvertes au VII^e millénaire à Mehrgarh, se prolonge jusqu'au II^e millénaire avant J.-C. et même au-delà. Par l'examen détaillé de sa présence, par la typologie des objets, la caractérisation des outillages et des savoir-faire, par les questions de dimension anthropologique qui se cristallisent sur les emplois et les fonctions des objets en lapis-lazuli, ces questions peuvent éclairer la connaissance du mouvement historique d'ensemble de l'humanité.

284 p., ill., 21 x 27 cm, 45 €



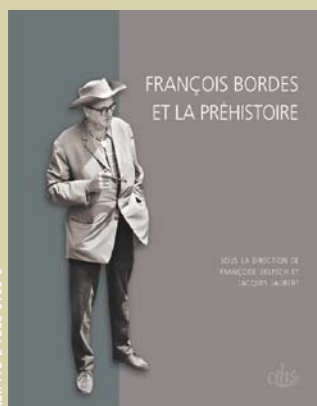
isbn 978-2-7355-0761-1

Peuplements et préhistoire en Amériques

Denis Vialou (dir.)

Cet ouvrage réunit les contributions de soixante préhistoriens de neuf pays, impliqués dans des recherches sur le terrain, de l'extrême nord du continent jusqu'à sa pointe australe. Plusieurs grandes problématiques y sont analysées : les peuplements, les cultures paléindiennes en Amérique du Nord, les chasseurs-cueilleurs, les horticulteurs ou encore les peuples pêcheurs en Amérique du Sud, la technologie d'industries lithiques... Profondément diverse et originale, la préhistoire en Amériques révèle des comportements sociaux et économiques en union remarquable avec les milieux naturels variés de l'immense continent. Elle témoigne de la créativité novatrice et résolument moderne des Sapiens préhistoriques.

492 p., ill., 21 x 27 cm, 52 €



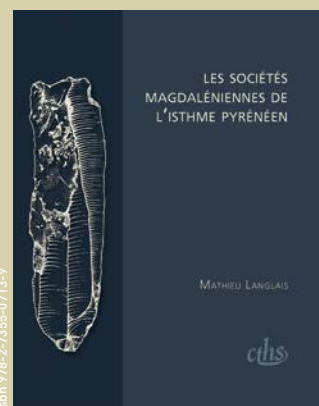
isbn 978-2-7355-0766-5

François Bordes et la préhistoire

Françoise Delpéch et Jacques Jaubert (dir.)

Excepté quelques publications individuelles ou les journées hommages de la Société préhistorique française (1982) demeurées inédites, c'est le premier ouvrage exclusivement consacré à l'œuvre du préhistorien François Bordes (1919-1981). Incontestablement, avec André Leroi-Gourhan, il est l'un des deux grands noms de la discipline pour la seconde moitié du XX^e siècle en France : géologue, préhistorien, auteur de nombreuses fouilles sur des sites prestigieux du Sud-Ouest, initiateur de la taille expérimentale et à l'origine de travaux précurseurs et fondamentaux, notamment du point de vue méthodologique.

328 p., ill., 21 x 27 cm, 45 €



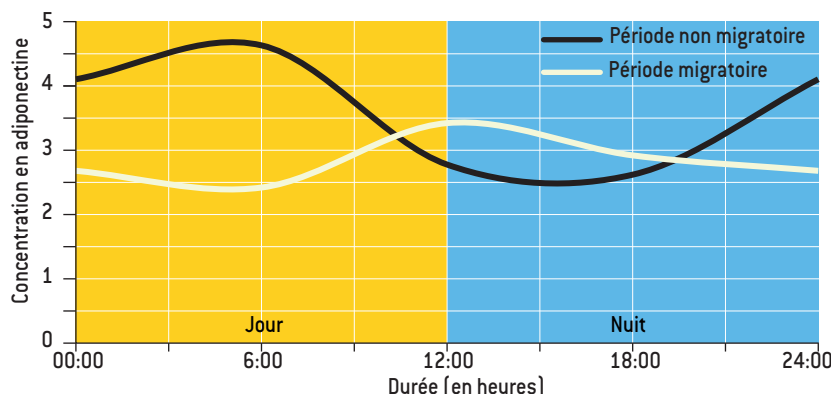
isbn 978-2-7355-0713-9

Les sociétés magdaléniennes de l'isthme pyrénéen

Mathieu Langlais

Les sociétés de chasseurs-cueilleurs du magdalénien, qui ont perduré pendant sept millénaires entre Méditerranée et Atlantique, sont appréhendées ici à travers leurs équipements lithiques. Cet angle d'approche nous révèle que la confrontation de l'armement et de l'outillage en silex s'avère un levier dialectique efficace pour enquêter sur les moteurs évolutifs et sur les interactions entre les transformations socio-économiques et les changements environnementaux au cours de la fin du Dernier Maximum Glaciaire et du Tardiglaciaire.

340 p., ill., 21 x 27 cm, 45 €



7. LA CONCENTRATION DE L'HORMONE ADIPONECTINE, qui favorise l'utilisation du glucose et des acides gras, fluctue de façon périodique. Lors de la migration, les fluctuations se modifient, le maximum se produisant pendant la nuit.

BIBLIOGRAPHIE

F. Bairlein *et al.*, Cross-hemisphere migration of a 25 g songbird, *Biology Letters*, vol. 8, pp. 505-507, 2012.

G. Beauchamp, Why migrate during the day, *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 24, pp. 1969-1974, 2011.

C. Guglielmo, Move that fatty acid: Fuel selection and transport in migratory birds and bats, *Integrative and Comparative Biology*, vol. 50, pp. 336-345, 2010.

T. Fuchs *et al.*, Daytime micro-naps in a nocturnal migrant: An EEG analysis, *Biology Letters*, vol. 5, pp. 77-80, 2009.

J. Weber, The physiology of long-distance migration: Extending the limits of endurance metabolism, *Journal of Experimental Biology*, vol. 212, pp. 593-597, 2009.

P. A. Bartell et E. Gwinner, A separate circadian oscillator controls nocturnal migratory restlessness in the songbird *Sylvia borin*, *Journal of Biological Rhythms*, vol. 20, pp. 538-549, 2005.

migration. Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux les comprendre.

Si les oiseaux migrent la nuit et se nourrissent le jour, ils dorment probablement très rarement. Pourtant, la migration est exigeante sur les plans physique et cognitif: les oiseaux naviguent dans l'obscurité sur des milliers de kilomètres et rencontrent chaque jour de nouveaux territoires, sur lesquels ils doivent trouver de la nourriture et éviter les prédateurs. Notre homme d'affaires imaginaire, pédalant la nuit pour faire voler son avion et sollicitant son cerveau le jour pour le travail de bureau, souffrirait d'un grave handicap cognitif après deux jours de ce régime. Les oiseaux semblent bien plus résistants...

Les connaissances sur la durée, le moment et les modalités du sommeil des oiseaux migrants sont encore imprécises, mais elles progressent. De nombreux oiseaux peuvent ne dormir que d'un hémisphère cérébral: une moitié du cerveau est endormie, tandis que l'autre reste éveillée, de sorte que l'animal peut maintenir une activité physique partielle. Les oiseaux migrants utilisent peut-être cette tactique en vol; sans doute trouvent-ils plutôt le temps de faire des sommes pendant la journée; ou peut-être ont-ils une capacité unique à supporter le manque de sommeil.

Deux tiers de sommeil en moins

Cette dernière hypothèse semble proche de la réalité chez les bruants à couronne blanche (*Zonotrichia leucophrys*). En 2004, Niels Rattenborg, de l'Université du Wisconsin, et ses collègues ont mesuré le sommeil d'oiseaux en captivité et constaté qu'ils

passaient 63 pour cent moins de temps à dormir en période de migration. Les oiseaux ne compensaient pas le manque de sommeil par une augmentation de son intensité et ne dormaient pas pendant la journée. Pourtant, leurs performances à un test cognitif évaluant leur capacité d'apprentissage n'ont pas diminué. Des humains soumis à une privation de sommeil équivalente obtiennent des résultats médiocres à ce genre de tests, de même que les bruants non migrants.

Ainsi, selon qu'ils sont ou non en période de migration, les oiseaux résistent bien ou mal au manque de sommeil. On ignore les mécanismes sous-jacents, mais leur étude aiderait peut-être à améliorer les fonctions cognitives des personnes subissant des veilles prolongées, tels les soldats et les pilotes.

Dans cette étude, les éthologues n'ont pas constaté de sommeil diurne ni unihémisphérique. Cependant, l'équipe de Verner Bingman, à l'Université d'État de Bowling Green, a observé ces deux comportements en laboratoire chez un autre oiseau migrant, la grive à dos olive (*Catharus ustulatus*). Ce passereau effectue des micro-sommes d'une durée de 12 secondes environ. De courtes périodes de sommeil diurne permettraient une certaine récupération sans empiéter sur la recherche de nourriture, ni trop s'exposer aux prédateurs.

Les oiseaux migrants semblent défier les règles de la physiologie. Ils deviennent obèses, mais sont des athlètes d'élite; ils dorment à peine et pourtant leur cerveau et leur corps sont au meilleur de leur forme. Leurs traits comportementaux et physiologiques ressemblent à ceux d'une des phases du trouble bipolaire, nommée manie, qui apparaît souvent de façon saisonnière: hyperactivité, fixation sur un but, peu de sommeil, intensification du métabolisme, augmentation des concentrations en hormones du stress...

Quoi qu'il en soit, la migration s'accompagne d'adaptations physiologiques et comportementales complexes et déconcertantes. Même si nous sommes loin de les comprendre parfaitement, nous avons au moins découvert un facteur commun: des horloges biologiques interviennent presque partout. Peut-être pourrions-nous en tirer une leçon et, plutôt que de résister à nos rythmes naturels quotidiens et saisonniers, vivre à la cadence de nos horloges biologiques. ■