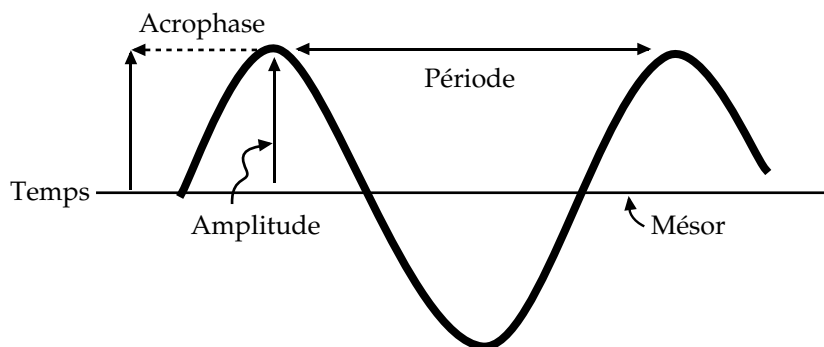


## Synthèse

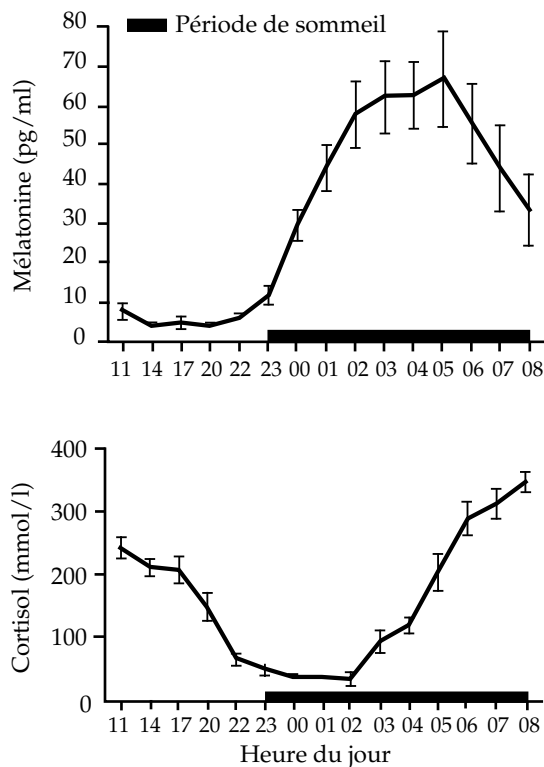
Les rythmes biologiques sont présents dans les règnes animal et végétal à tous les stades d'organisation, de la cellule à l'organisme dans son entier. La préservation des rythmes biologiques est une composante de la bonne santé de l'individu. À cette question se rattache une question d'actualité et d'importance, les rythmes scolaires qui s'organisent évidemment dans la journée, la semaine et l'année.

Un rythme biologique se définit comme une suite de variations physiologiques statistiquement significatives, déterminant en fonction du temps des oscillations de forme reproductible. Quatre paramètres caractérisent un rythme biologique. La période représente la durée d'un cycle complet de la variation rythmique étudiée. Les rythmes sont appelés circadiens (du latin *circa diem*, environ un jour) si leur période est d'environ 24 heures. Des rythmes ultradiens (période comprise entre 1 milliseconde et 20 heures) et infradiens (période comprise entre 28 heures et 1 an) ont pu également être mis en évidence. Le mésor est le niveau moyen ajusté du rythme et correspond à la moyenne arithmétique lorsque les données (prélèvements sanguins, par exemple) sont équidistantes et couvrent un cycle complet. L'amplitude correspond à la moitié de la variabilité totale du rythme. C'est donc la moitié de la différence entre le pic et le creux d'une fonction étudiée. Enfin, l'acrophase est la localisation du sommet de la fonction (sinusoïdale, par exemple) et correspond, pour un rythme circadien, à l'heure du pic dans l'échelle des 24 heures.



Paramètres caractéristiques d'une fonction rythmique (d'après Toutilou et Haus, 1994)

Un grand nombre de fonctions physiologiques présentent une rythmicité circadienne : on peut citer la température corporelle, la sécrétion de nombreuses hormones comme le cortisol, la thyrotropine, la mélatonine.

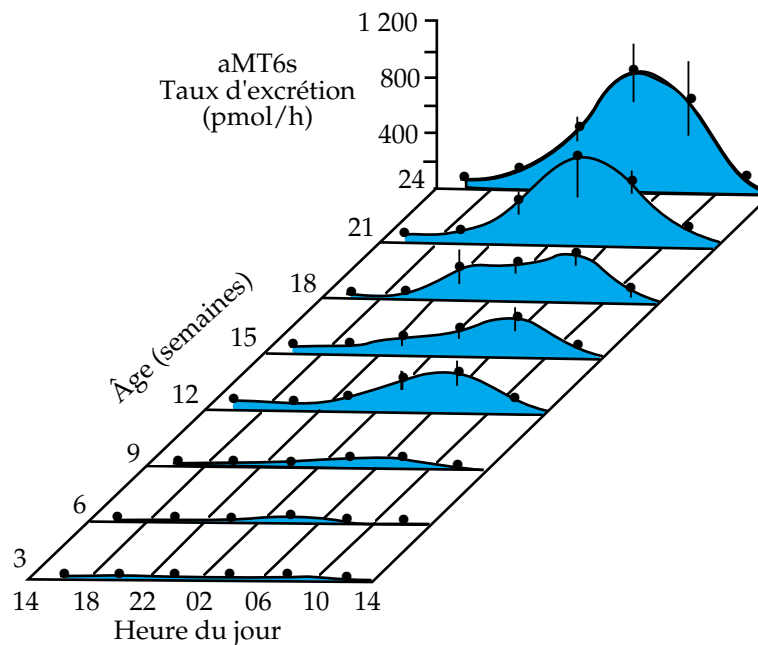


**Variations circadiennes des concentrations plasmatiques de la mélatonine et du cortisol (d'après Touitou et coll., 1984)**

Les rythmes circadiens de la température, du cortisol, de la mélatonine apparaissent au cours des premiers mois de la vie du nourrisson en même temps qu'apparaît un rythme veille-sommeil stable.

### **Les rythmes biologiques sont synchronisés par l'environnement**

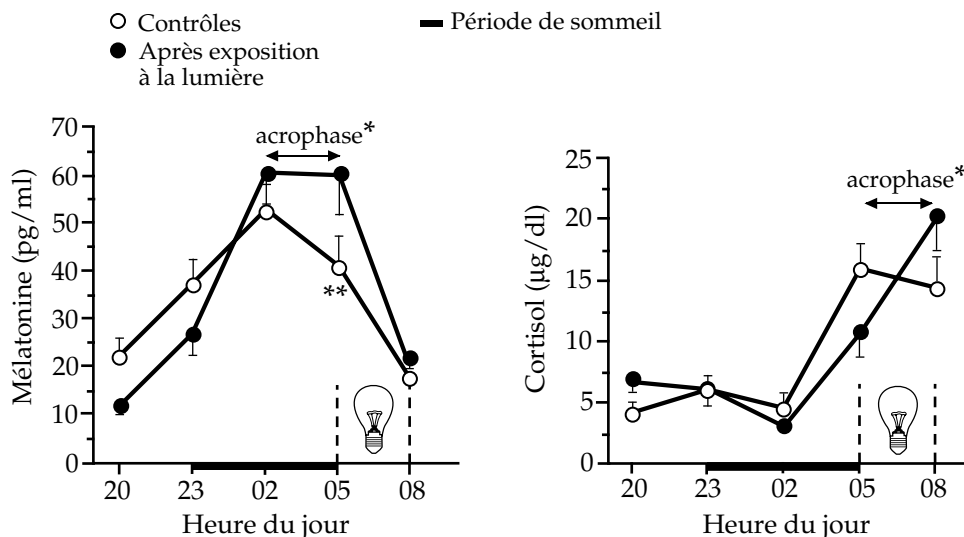
Tout rythme circadien est fait de deux composantes : la composante exogène qui dépend des rythmes des facteurs de l'environnement appelés synchroniseurs et la composante endogène qui, par contraste, correspond à un rythme



**Développement du rythme circadien de la 6-sulfatoxymélatonine (aMT6s) urinaire chez l'enfant en bonne santé à différents âges (d'après Kennaway, 1992)**

génétiquement déterminé persistant après élimination des informations périodiques de l'environnement. La composante endogène a été appréciée lors d'expériences en conditions constantes d'isolement dans des grottes par exemple. Les rythmes endogènes sont ajustés dans le temps, on dit encore synchronisés, par les donneurs de temps ou synchroniseurs que sont les facteurs périodiques de l'environnement : cycles jour-nuit ou photopériode, alternance repos-activité, heure des repas. Les cycles lumière-obscurité jouent un rôle essentiel sur la synchronisation des rythmes circadiens chez l'homme et l'exposition à un *pulse* lumineux est capable de décaler le pic de production (la phase) d'une hormone. Selon le moment de l'exposition, la phase sera avancée ou retardée. Ainsi, l'exposition à la lumière (2 500 lux) d'un sujet sain pendant 3 heures (de 5 à 8 heures) pendant 6 jours consécutifs entraîne une diminution des concentrations plasmatiques de cortisol et de mélatonine et un déplacement de la phase du rythme circadien de ces deux hormones (avance de phase).

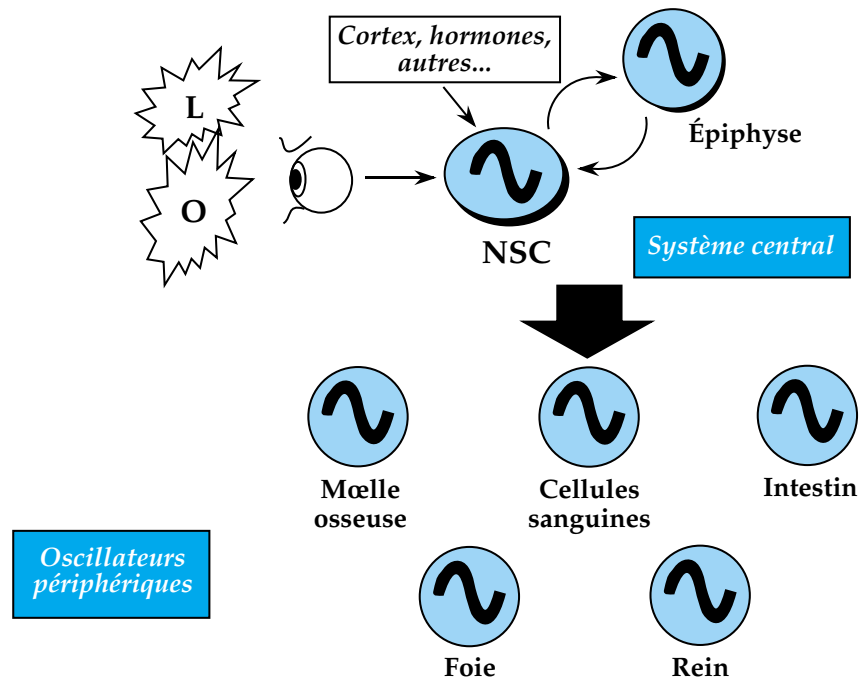
Chez un sujet en bonne santé dont l'organisme vit en harmonie avec son environnement, les rythmes circadiens des différentes fonctions sont normalement synchronisés, c'est-à-dire qu'ils présentent les uns par rapport aux



**Effet de l'exposition à la lumière sur les profils de la mélatonine et du cortisol plasmatiques chez le sujet sain (d'après Touitou et coll., 1992 et Lemmer et coll., 1994)**

autres une relation de phase spécifique. Cette fonction d'organisation et de coordination temporelle des rythmes biologiques est principalement assurée par de petites structures du cerveau constituées de 10 000 neurones, les noyaux suprachiasmatiques (NSC). Ces structures reçoivent directement de la rétine le signal photopériodique qui est un synchroniseur majeur des rythmes circadiens. Il est actuellement admis qu'à côté du NSC, oscillateur circadien indiscutable, il existerait d'autres populations neuronales également génératrices de rythmes qui constituent des oscillateurs périphériques.

Des perturbations des rythmes biologiques peuvent apparaître dans un certain nombre de conditions appelées désynchronisations. Une désynchronisation est un état où deux (ou plus) variables rythmiques antérieurement synchronisées ont cessé de présenter les mêmes relations de fréquence et/ou d'acrophase et montrent des relations temporelles différentes des relations habituelles. La désynchronisation peut être soit externe, elle dépend alors des modifications de l'environnement et se retrouve par exemple lors d'un vol transméridien de cinq fuseaux horaires (phénomènes du *jet-lag*) ou dans le travail posté, par exemple. La désynchronisation interne ne dépend pas des facteurs de l'environnement. On la retrouve dans le vieillissement ou dans un certain nombre de maladies telles que la dépression ou certains cancers. Cette désynchronisation s'accompagne, qu'elle soit externe ou interne, d'un ensemble de signes atypiques tels que fatigue, mauvaise qualité du sommeil, mauvaise humeur, troubles de l'appétit. Ces troubles peuvent être corrigés par le traitement de la



### Schéma d'organisation du système circadien des mammifères

L et O : alternance régulière de lumière et d'obscurité sur 24 heures ; NSC : noyaux suprachiasmatiques

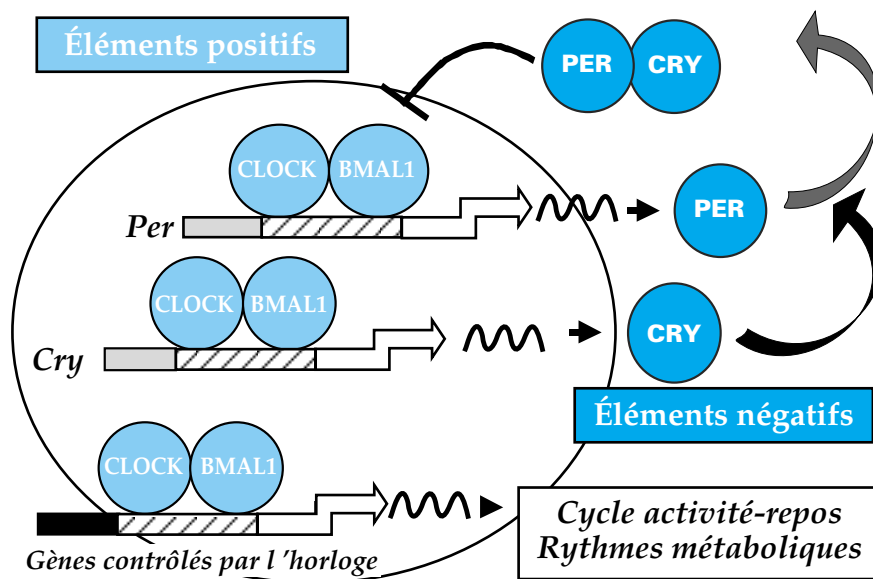
désynchronisation : administration de lumière intense (exemple de la dépression saisonnière) ou de mélatonine (en cas de *jet-lag*).

## Une horloge moléculaire génère les rythmes circadiens

Dans toutes les espèces, le cycle activité-repos est un rythme circadien essentiel et facile à mesurer, auquel sont couplés un grand nombre de rythmes cellulaires. Chez l'enfant, il s'établit rapidement aux environs de 4 semaines après la naissance.

Le modèle expérimental nous apprend que le cycle activité-repos des mammifères est généré par une horloge biologique située dans le cerveau, au niveau des noyaux suprachiasmatiques. Dans ceux-ci s'expriment plusieurs gènes spécifiques de la rythmicité (*per*, *tim*, *clock*, *bmal-1*, *cry*) qui sont à l'origine de la périodicité circadienne : leur transcription en ARN messager et leur traduction en protéines participent à des boucles de rétrocontrôle qui créent cette rythmicité. Ainsi, l'horloge circadienne comprend des éléments positifs, les protéines CLOCK et BMAL1, dont le dimère stimule la transcription des

gènes *per*, *tim* ou *cry* en ARN messenger, puis leurs traductions respectives en protéines PER, TIM ou CRY. Les dimères PER-TIM ou PER-CRY exercent un rétrocontrôle négatif sur la transcription des gènes *per*, *tim* ou *cry* en empêchant l'action activatrice du dimère CLOCK-BMAL1. Ce système contrôle aussi la transcription rythmique de plusieurs autres gènes, dits gènes contrôlés par l'horloge, générant ainsi les rythmes circadiens du comportement et du métabolisme.



**Organisation moléculaire schématisée de l'horloge circadienne des mammifères (d'après Dunlap, 1999)**

Une telle organisation circadienne, comprenant un oscillateur circadien composé des gènes précités et de gènes contrôlés par l'horloge, est retrouvée dans les cellules saines de nombreux tissus périphériques. Les noyaux suprachiasmatiques coordonnent vraisemblablement les multiples oscillateurs cellulaires par des mécanismes encore inconnus.

Des homologues des gènes isolés et clonés chez la drosophile et chez la souris ont été retrouvés chez l'homme et le gène *h-clock* a été cloné. La grande similitude du fonctionnement moléculaire circadien à travers les espèces suggère une extrapolation à l'homme, en première hypothèse. Celle-ci est confortée par toutes les données de physiologie humaine disponibles relatives aux processus d'ajustement à la synchronisation photopériodique. Ainsi, une intensité lumineuse forte en fin de matinée pourrait être recommandée pour renforcer la synchronisation du système circadien chez l'homme, y compris chez l'enfant.

En effet, la lumière active la transcription du gène *per* et l'illumination d'animaux au moment du jour subjectif stabilise la phase du cycle activité-repos et les rythmes de transcription de *per* ou de ses homologues. De plus, les animaux qui possèdent une mutation homozygote d'un gène du rythme circadien (*per<sub>0</sub>* chez la drosophile, *clock -/-* ou *cry -/-* chez la souris) présentent une suppression du cycle activité-repos dans des conditions constantes d'environnement (lumière continue ou obscurité continue). En revanche, dans des conditions où la lumière et l'obscurité alternent régulièrement sur 24 heures, par exemple 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité, le cycle activité-repos de ces animaux ne présente que des anomalies mineures telles que amortissement d'amplitude et/ou léger décalage de la phase.

D'autres méthodes fondées sur la capacité d'entraînement des oscillateurs circadiens moléculaires périphériques sont à l'étude, qui pourraient se révéler utiles pour optimiser la coordination circadienne de l'organisme et influencer peut-être les niveaux de performances.

## **Le rythme veille/sommeil de l'enfant évolue de la période foetale à l'adolescence**

Le sommeil de l'enfant évolue dans sa structure et dans sa durée de la période foetale à l'adolescence. Les états de vigilance de l'enfant s'organisent dès la période foetale. Les caractéristiques du sommeil « adulte » apparaissent très vite. À chaque étape de ce développement correspond une certaine fragilité : difficulté d'installation du rythme jour/nuit et éveils multiples chez les enfants les plus jeunes, difficultés à passer d'un stade de sommeil à un autre chez l'enfant entre 6 et 12 ans, horaires irréguliers et couchers tardifs chez l'adolescent.

L'installation d'un rythme circadien stable de 24 heures pour les plus longues durées de veille (diurnes) et les plus longues durées de sommeil (nocturnes) apparaît à partir de 3-4 semaines après un temps où les rythmes veille-sommeil vont survenir soit de façon irrégulière, soit sur un rythme ultradien de 3-4 heures ou plus rarement en « libre cours ».

Le développement de la structure du sommeil passe par plusieurs étapes. Pendant la période foetale (après 27 semaines de gestation) et néonatale (dans les toutes premières semaines) le cycle de sommeil est court (50-60 minutes). Il est constitué de séquences de sommeil agité, équivalent du sommeil paradoxal, et de séquences de sommeil calme, équivalent du sommeil lent profond. Le nouveau-né s'endort en sommeil agité, ce sommeil représentant la moitié du temps de sommeil total.

De 1 mois à 2 ans, toutes les caractéristiques de la structure du sommeil de l'adulte vont se mettre en place : individualisation du sommeil lent en différents stades vers 3 mois, endormissements en sommeil lent et diminution du

### Principales étapes du développement du rythme veille-sommeil

Âge	Cycle veille-sommeil	Structure du sommeil
Période fœtale et premiers jours de vie	Rythme ultradien de 3-4 heures	Émergence du SA/SC à partir de 27 semaines de gestation.
	Rythme en libre cours ou rythmes irréguliers transitoires	Augmentation du SA, augmentation de la durée du cycle (40-45 min à 55-60 min) à 34-35 semaines de gestation.
À partir de 3-4 semaines	Émergence du rythme circadien de 24 heures	Diminution du SP, augmentation du SL, émergence des stades 1, 2 et 3-4 entre 2 et 3 mois
À partir de 6 mois	Consolidation du sommeil nocturne	Disparition des endormissements en SP à partir de 9 mois
Entre 3 et 6 ans	Disparition des siestes	Organisation nyctémérale du SLP et du SP entre 9 et 12 mois Allongement du cycle de sommeil entre 2 et 6 ans (90-120 min)

SA : sommeil agité ; SC : sommeil calme ; SL(P) : sommeil lent (profond) ; SP : sommeil paradoxal ; min : minutes

pourcentage de sommeil paradoxal à partir de 6 mois, allongement du cycle de sommeil après 2 ans. Ces transformations apparaissent plus précocement au cours du sommeil de jour.

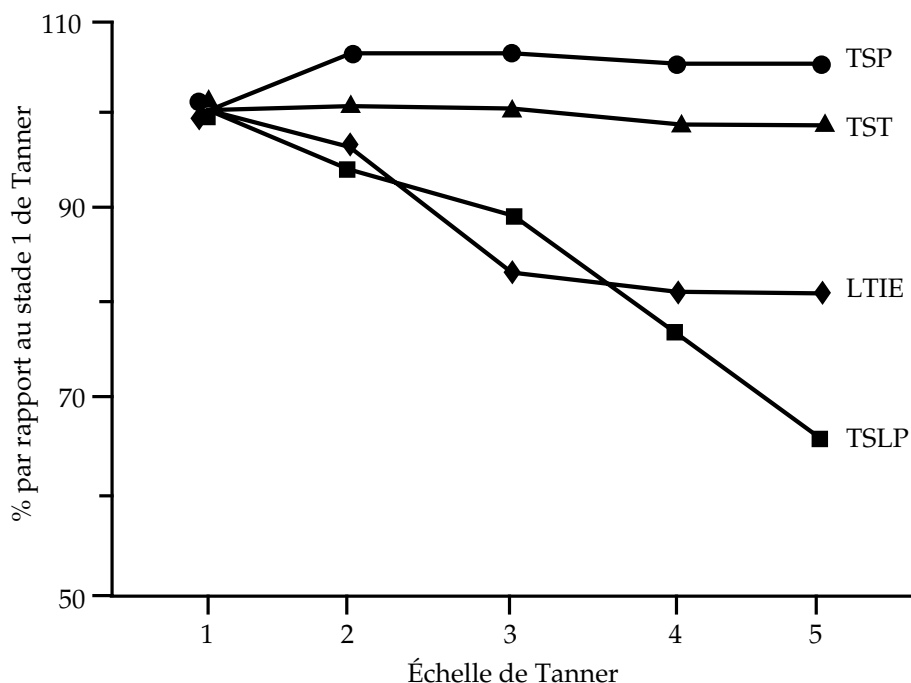
Avec la diminution du nombre de siestes à partir de 9 mois puis leur disparition entre 3 et 6 ans, le sommeil diurne va progressivement disparaître et le temps de sommeil profond nocturne devenir très important.

L'enfant de 6 à 12 ans est généralement très bon dormeur la nuit et très vigilant dans la journée, mais la profondeur de son sommeil nocturne fera qu'il sera plus susceptible de faire des parasomnies (somnambulisme, terreurs nocturnes).

Après 12 ans, la structure du sommeil se modifie de façon importante, le sommeil nocturne devient plus léger (la quantité de sommeil lent profond diminue de presque 40 %). L'adolescence est aussi caractérisée par une tendance naturelle à la somnolence diurne et aux couchers et levers tardifs (retard de phase). Cette « hypersomnie physiologique » est aggravée par une restriction importante du temps de sommeil les jours scolaires, sommeil qui est rattrapé les jours non scolaires. Les rythmes veille/sommeil deviennent irréguliers.

Les besoins de sommeil, bien que variables d'un enfant à l'autre, diminuent d'un temps moyen de 16-17 heures au cours de la période néonatale à environ 13 heures à 2 ans, 9 heures à 10 ans, 7-8 heures à la fin de l'adolescence. Avant 6 ans, la diminution du temps de sommeil est essentiellement due à la diminution progressive du nombre de siestes ; après 6 ans elle est due à un retard progressif du coucher, l'heure du lever restant fixe en raison des impératifs scolaires.





### Évolution de états de sommeil en fonction des stades pubertaires définis par Tanner (d'après Carskadon, 1982)

Stade 1 (âge moyen : 10,5 ans), stade 5 (âge moyen : 16 ans). Les temps de sommeil paradoxal (TSP), temps de sommeil total (TST), la latence au test itératif d'endormissement (LTIE), le temps de sommeil lent profond (TSLP) sont calculés en pourcentage de la moyenne des temps observés au stade 1

Alors que la structure du sommeil semble généralement assez semblable d'un enfant à l'autre, il existe une grande variabilité interindividuelle, à tous les âges, pour les besoins de sommeil (différence de 2 à 3 heures) et pour la typologie de sommeil (il existe très tôt des petits et des gros dormeurs, des enfants du matin ou du soir). Une variabilité importante peut également être observée dans la rapidité de l'installation d'un rythme jour/nuit stable et pour le nombre et la durée des siestes.

Chez l'enfant, les travaux sur quantité et qualité du sommeil et « capacités intellectuelles » sont contradictoires, ceux concernant les privations de sommeil sont rares. Chez l'adulte, le rôle bénéfique du sommeil, en particulier paradoxal, est démontré. Le sommeil paradoxal faciliterait l'intégration des acquisitions complexes et nouvelles. Chez l'enfant, une privation partielle de sommeil (nuit de 5 heures) sur une seule nuit suffirait à perturber l'apprentissage des tâches les plus complexes (tâches de créativité) et les plus éloignées des tâches habituelles.

Chez l'enfant de moins de 12 ans, l'environnement familial et l'hygiène de vie sont les principaux organisateurs du sommeil. Tous les donneurs de temps tels

que l'alternance du jour et de la nuit, la régularité des repas, celle des moments de jeux, de promenade ou d'échange, un peu plus tard celle des heures de coucher et surtout d'éveil vont aider l'enfant et l'adolescent à acquérir des rythmes veille/sommeil stables, une bonne qualité de sommeil et des performances cognitives optimales.

### **L'enfant présente des rythmes de performance intellectuelle au cours de la journée scolaire**

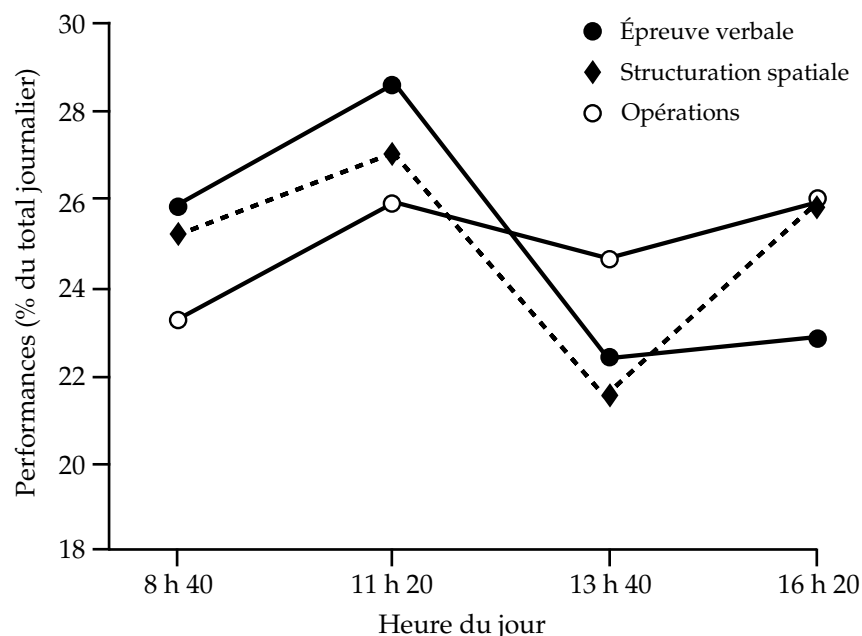
Les rythmes de l'activité intellectuelle ont souvent été étudiés pendant le temps scolaire et, en conséquence, ont souvent été dénommés « rythmes scolaires ». Cette expression est ambiguë dans la mesure où deux définitions sont possibles : soit ils sont assimilés aux emplois du temps scolaire, soit ils sont compris comme les fluctuations périodiques des processus physiologiques, physiques et psychologiques des enfants. La question se pose de savoir s'il existe des rythmes psychologiques intellectuels et si l'organisation de la vie scolaire les respecte.

Les variations de l'activité intellectuelle ont surtout été étudiées au cours de la journée, et relativement peu au cours de la semaine. De plus, ces variations hebdomadaires de l'activité intellectuelle et des comportements d'adaptation à la situation scolaire ne peuvent pas être considérées comme des rythmes car elles sont le reflet des aménagements hebdomadaires du temps scolaire. Ceux-ci agissent principalement sur la durée du sommeil nocturne. Du respect quantitatif et qualitatif du sommeil dépendent les comportements subséquents et par conséquent la rapidité des apprentissages ainsi que la mémorisation à court terme.

Seules les variations journalières des performances intellectuelles peuvent être considérées comme des rythmes. La rythmicité journalière de la vigilance et des performances intellectuelles se manifeste tant au plan quantitatif (scores, production) que qualitatif (choix de stratégie).

Le profil d'évolution journalière de l'activité intellectuelle est appelé « classique » lorsque la performance s'élève du début jusqu'à la fin de matinée scolaire, chute au creux post-prandial, puis progresse de nouveau, plus ou moins selon l'âge, au cours de l'après-midi scolaire. Il caractérise une relative adaptation des emplois du temps aux rythmes de vie de l'enfant.

Le profil de rythmicité classique journalier n'est plus présent lorsque l'aménagement de type 4 jours (lundi, mardi, jeudi, vendredi de classe) est mis en place. Dans ces conditions, il est accompagné d'une inversion de la rythmicité et d'une baisse significative du niveau de performance, particulièrement chez les jeunes enfants (CP) et chez les élèves fréquentant des établissements situés en zone sensible (ZEP). Cette inversion témoigne d'une inadéquation entre les rythmes de vie et les emplois du temps. Au cours de la semaine scolaire



**Variations journalières de performances d'élèves de 10-11 ans à trois épreuves (verbale, structuration spatiale, calcul rapide/additions) (d'après Testu, 1994b)**

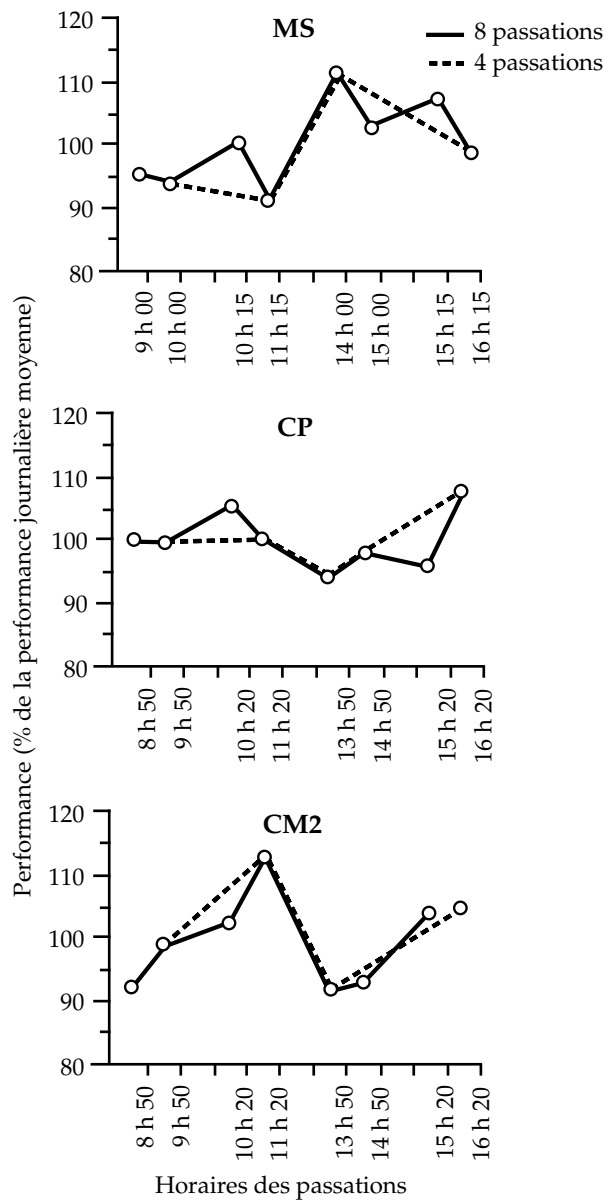
traditionnelle française, le phénomène de désynchronisation est observé seulement le lundi, jour des moins bonnes performances.

La rythmicité journalière intellectuelle se met progressivement en place entre l'école maternelle et l'école primaire. Pendant la journée scolaire, on observe un rythme de nature ultradienne jusqu'à 3-4 ans qui s'estompe ensuite au profit d'un rythme de nature circadienne.

Il faut noter que les rythmes de performances sont modulés par de nombreux facteurs tels que l'âge, le niveau scolaire, la motivation, la nature de la tâche, le stade d'apprentissage, la maîtrise de la tâche.

### **La connaissance épidémiologique des rythmes de l'enfant reste partielle**

Science de l'observation, l'épidémiologie peut contribuer à mieux cerner les différents rythmes biologiques de l'enfant, à mettre en évidence les facteurs personnels ou environnementaux susceptibles de perturber ces rythmes, et surtout à évaluer les conséquences, éventuellement néfastes, de ces perturbations. L'étude de l'impact des différentes organisations possibles du temps



**Evolutions journalière et ultradienne de la vigilance d'élèves en moyenne section de maternelle (MS, 4-5 ans), de cours préparatoire (CP, 6-7 ans) et de cours moyen seconde année (CM2, 10-11 ans) (d'après Testu, 2000)**

96 scolaire, composante essentielle de l'environnement de l'enfant, justifie à l'évidence du développement d'une approche épidémiologique.

La mise en place de telles études dans ce domaine se heurte toutefois à des difficultés méthodologiques inhérentes à la notion même de rythme biologique. En effet, celui-ci est caractérisé par sa période qui peut être ultradienne, circadienne ou infradienne, ce qui suppose, sur le plan épidémiologique, une méthodologie et des durées d'étude très diverses. En particulier, l'étude des rythmes circadiens nécessite des mesures nocturnes, ce qui constitue un facteur limitant chez l'enfant. De plus, la mesure de nombre d'entre eux nécessite des prélèvements sanguins. Sachant que l'analyse de tels rythmes exige de disposer quotidiennement d'au moins six points de mesure régulièrement espacés, l'absence fréquente de moyens de mesure non invasifs constitue un obstacle à l'étude en population des rythmes biologiques.

La connaissance épidémiologique de ces rythmes se heurte à une autre difficulté : la très grande diversité interindividuelle. Cette réalité, unanimement admise, justifie la constitution d'échantillons de taille suffisamment importante pour atteindre la significativité statistique des comparaisons envisagées.

Par ailleurs, il est aussi acquis que l'organisme ajuste ses rythmes sur les variations de son environnement. Cela pose le problème de la quantification de telles influences, surtout chez l'enfant, chez lequel l'âge semble jouer un rôle majeur : ce qui est vrai pour un enfant scolarisé en maternelle ne le sera pas forcément pour un collégien ou un lycéen.

Si l'acquisition de la connaissance des caractéristiques des différents rythmes biologiques est complexe, l'étude des conséquences de ces rythmes et de leurs perturbations éventuelles sur la santé des individus nécessite une méthodologie appropriée.

Deux approches complémentaires sont envisageables : d'une part celle qui consiste à étudier les relations entre variations biologiques et variations des performances comportementales et intellectuelles de l'élève (que l'on peut qualifier d'approche clinique), d'autre part celle qui consiste à évaluer les conséquences d'une certaine organisation du temps scolaire sur ces mêmes performances (que l'on qualifiera ici d'approche évaluative).

L'approche clinique présente des exigences comparables quant à la mesure des performances de l'élève et de leurs variations. Ces contraintes conduisent généralement les chercheurs à des études limitées à quelques classes dans des établissements volontaires. Cependant, certains résultats probants peuvent aujourd'hui être considérés comme acquis. On peut en retenir ici, à titre d'exemple, la faible vigilance des enfants en début de matinée et d'après-midi, suivie d'une augmentation corrélée à celle des performances intellectuelles. Plus globalement, on peut souligner l'influence de l'organisation de la vie familiale et scolaire sur les paramètres caractéristiques des différents rythmes biologiques de l'enfant, et ce quel que soit l'âge.

L'approche évaluative, quant à elle, faisant généralement abstraction de la mesure des rythmes biologiques eux-mêmes, n'est plus de ce fait limitée que

par des contraintes méthodologiques liées à la nature des performances inventoriées. C'est ainsi qu'ont pu être évalués l'influence (plutôt négative) de la semaine de quatre jours ou de la durée du week-end (deux jours ou un jour et demi) sur les performances mnésiques d'élèves du primaire, ou l'impact de cette même semaine de quatre jours sur les acquisitions scolaires des enfants. Par ailleurs, différentes expériences locales d'aménagements partiels des temps scolaires, combinés ou non à l'offre d'activités périscolaires pour tous, n'ont montré aucun effet significatif de ces aménagements, notamment sur les performances scolaires des élèves. On peut donc essentiellement retenir de

### Études des performances de l'enfant en milieu scolaire en fonction de l'aménagement du temps scolaire

Type d'étude Année	Population cible	Taille	Conclusions (extraits)
Évaluative 1994	CE et 6 <sup>e</sup> (France)	1 000	Aucun effet significatif de la semaine de 4 jours (vs 5) sur les acquisitions
Expérimentale 1994	Maternelle et primaire (France)	3 554	Peu d'incidence sur les apprentissages de l'introduction d'activités culturelles et sportives pendant les horaires scolaires dans le cadre de l'aménagement des rythmes de vie de l'enfant (ARVE)
Synthèse internationale 1994	Primaire (4 pays d'Europe)	≈ 120/pays	Constat globalement défavorable à la semaine de 4 jours
Expérimentale 1996	CM (France)	393	Semaine de 4 x 6 h 30 la plus perturbante pour les performances mnésiques
Expérimentale 1997-1998	Primaire (Monestier de Clermont)	676	Effets négligeables sur les acquis de l'aménagement du temps scolaire libérant un après-midi pour une activité extra-scolaire
Expérimentale 1998	Maternelle et primaire (Strasbourg)	764	Absence d'effet des emplois du temps innovants sur les résultats scolaires
Expérimentale 1999	Primaire	167	Pas de meilleures performances mnésiques après un week-end de 2 jours (vs 1 jour 1/2)
Évaluative 1999	Primaire (Académie de Paris)	5 877	Niveau global d'attention meilleur après une coupure de 2 jours (vs 1 jour 1/2)
Expérimentale 1999	Primaire (Évry)	400	Pas d'altération du profil de rythmicité journalier en fonction de l'aménagement de la semaine scolaire (4 jours 1/2 ou 5 jours 1/2) Réduction du temps de sommeil pour la semaine de 5 jours 1/2
Expérimentale 1999	Primaire (Bourges)	200	Profil de rythmicité intellectuelle classique et comportement plus stable chez les enfants d'une école située en ZEP, soumis à un aménagement du temps scolaire incluant des activités périscolaires

cette approche évaluative le constat globalement défavorable à la semaine scolaire sur quatre jours, qui induirait aussi une désynchronisation de la vigilance chez les plus jeunes, accompagnée d'une durée de sommeil plus courte.

---

## Recommandations

La plupart des grandes fonctions physiologiques de l'organisme varient de façon rythmique. Les rythmes circadiens ont pour origine une horloge interne, qui doit s'ajuster quotidiennement aux facteurs périodiques de l'environnement tels que l'alternance du cycle jour-nuit. La lumière est ainsi un synchroniseur majeur des rythmes circadiens.

Le rythme veille/sommeil évolue avec l'âge de l'enfant et présente des variabilités interindividuelles (enfant du matin ou du soir, petit ou grand dormeur). Le sommeil est non seulement un facteur de bonne santé, mais il conditionne également la qualité et la rapidité des apprentissages.

L'étude des rythmes psychophysiologiques de l'enfant montre qu'il existe au cours de la journée des moments d'attention, de performance et d'efficacité scolaires qui devraient être pris en compte dans tout projet d'organisation de la vie scolaire.

L'analyse critique et la synthèse des données disponibles ont conduit le groupe d'experts à formuler trois chapitres de recommandations : le respect des besoins en sommeil et du rythme veille-sommeil qui présente des caractéristiques propres à chaque âge ; une organisation cohérente du temps scolaire qui prend en compte les besoins et les rythmes de l'enfant et de l'adolescent ; une recherche permettant de mieux cerner les rythmes de l'enfant par l'utilisation de marqueurs non invasifs et d'évaluer les effets de l'organisation de la vie scolaire sur la santé de l'enfant.

### Respecter la régularité du rythme veille/sommeil

#### FACILITER L'ACCÈS À LA SIESTE POUR LES PLUS JEUNES (2 À 5 ANS)

Au cours de la croissance de l'enfant, le sommeil diurne disparaît progressivement et le temps de sommeil profond nocturne devient très important. Le nombre de siestes et leur répartition se modifient en fonction de l'âge. À partir de 2 ans et jusqu'à l'âge de la disparition de la dernière sieste, la durée du temps de sommeil diurne est d'environ 2 heures et reste stable. La disparition du besoin de sieste survient entre 3 et 6 ans selon les enfants. Le groupe d'experts préconise que la sieste, d'une durée de 1 heure 30 à 2 heures, débute le plus tôt possible dans l'après-midi (13 h-13 h 30) et ne dépasse pas si possible 15 h 30-16 h, une sieste trop longue ou trop tardive pouvant retarder de façon anormale l'heure d'endormissement du soir. Il souligne également qu'il est



important de ne pas limiter la sieste aux enfants de petite section de maternelle et suggère de la proposer à tous les enfants de moins de 6 ans qui en manifestent le besoin.

**VEILLER À UNE QUANTITÉ SUFFISANTE DE SOMMEIL ET À DES HORAIRES RÉGULIERS DE COUCHER ET DE LEVER CHEZ L'ENFANT DE 6 A 12 ANS**

L'enfant de 6 à 12 ans est généralement très bon dormeur la nuit et très vigilant dans la journée. Cependant, entre 6 et 12 ans, les besoins de sommeil restent importants, de 9 à 10 heures en moyenne. Le rôle du sommeil est fondamental et la privation de sommeil est capable de perturber les rythmes biologiques et les performances. À cet âge, une privation partielle de sommeil sur une seule nuit suffit à perturber l'apprentissage de tâches complexes et inhabituelles. Cependant, il existe une variabilité interindividuelle, à tous les âges, à la fois pour les besoins de sommeil (différence de 2 à 3 heures) et pour la typologie (enfants du matin ou enfants du soir). Le groupe d'experts attire l'attention sur le rôle que doivent jouer les parents pour renforcer les donneurs de temps familiaux. L'heure du coucher les jours scolaires doit être suffisamment précoce pour que soient assurés les besoins en sommeil de l'enfant. L'heure de lever le dimanche ne doit pas être trop tardive afin d'éviter l'apparition de difficultés d'endormissement les jours scolaires.

Les besoins de sommeil de l'enfant peuvent être évalués par les parents pendant les vacances, et les heures de coucher pendant la période scolaire devront tenir compte de ces besoins. Le rythme de vie des parents, l'heure du coucher des frères et sœurs, les horaires des programmes de télévision ne doivent pas servir de référence à l'heure du coucher. En revanche, les enfants de cet âge ont encore besoin de leurs parents au moment de dormir : un temps de relation entre enfant et parents, si possible dans la chambre de l'enfant, doit donc être maintenu.

**RETARDER L'HEURE D'ENTRÉE EN CLASSE POUR LES ADOLESCENTS EN COLLÈGE ET LYCÉE ET ÉVITER LES RÉVEILS TROP TARDIFS LES JOURS NON SCOLAIRES**

Après 12 ans, la structure du sommeil se modifie de façon importante, le sommeil nocturne devenant plus léger. L'adolescence est aussi caractérisée par une tendance naturelle à la somnolence diurne, hypersomnie physiologique, et au retard de phase qui se traduit par des couchers et levers tardifs. Les besoins de sommeil des adolescents sont encore élevés et, pour ne pas être en privation de sommeil, l'adolescent doit dormir 7 ou 8 heures au minimum. Pour prendre en compte les modifications de sommeil qui surviennent à l'adolescence, le groupe d'experts préconise que les emplois du temps soient aménagés afin que les cours ne commencent pas avant 9 heures au collège et

Par ailleurs, l'adolescent qui se trouve en état de privation de sommeil essaie de compenser pendant le week-end par des réveils très tardifs. Les horaires de coucher et surtout de lever trop tardifs pendant les jours non scolaires vont aggraver les difficultés d'endormissement pendant les jours scolaires et conduire à des rythmes veille-sommeil irréguliers, source de désynchronisation, de somnolence diurne et de difficultés scolaires. Le groupe d'experts souligne l'importance de la régularité du rythme veille-sommeil en recommandant une heure de lever qui ne doit pas être trop tardive le samedi et le dimanche matin. La pratique d'une activité sportive peut par exemple faciliter ce réveil.

## Aménager la journée et la semaine scolaire

### RESPECTER LA RYTHMICITÉ JOURNALIÈRE PSYCHOLOGIQUE DES ENFANTS

Les variations journalières des performances intellectuelles peuvent être considérées comme des rythmes. La rythmicité journalière de la vigilance et des performances intellectuelles se manifeste tant au plan quantitatif (scores, production) que qualitatif (choix de stratégie). Le profil d'évolution journalière de l'activité intellectuelle est appelé « classique » lorsque la performance s'élève du début jusqu'à la fin de la matinée scolaire, chute après le déjeuner, puis progresse de nouveau, plus ou moins selon l'âge, au cours de l'après-midi scolaire. Ce profil de rythmicité journalière a été retrouvé chez les enfants d'autres pays européens et témoigne donc d'une relative indépendance des variations de l'activité intellectuelle par rapport au synchroniseur « emplois du temps ».

Les experts recommandent que les enseignants aient la possibilité de tenir compte de la rythmicité de la vigilance pour organiser la journée scolaire. Les moments reconnus comme favorables à l'activité intellectuelle (milieu et fin de matinée et fin d'après-midi chez les élèves les plus âgés du cycle primaire) devront être réservés aux apprentissages et aux activités demandant le plus d'attention et d'effort cognitif. Les moments reconnus comme moins favorables (début de matinée et d'après-midi) seront occupés par des activités d'entretien des connaissances ou des activités d'éveil aux contenus plus ludiques, plus socialisants et aux activités physiques. On veillera à prévoir une période « sas » au moment de l'entrée en classe permettant une progression vers les activités intellectuelles et à aménager la période de faible vigilance qui suit le déjeuner. Il est essentiel de ne pas placer en début d'après-midi des matières fondamentales et/ou des apprentissages nouveaux qui sollicitent chez les élèves la focalisation et le contrôle de l'attention.

### **PRENDRE EN COMPTE DEUX FACTEURS ESSENTIELS QUI INFLUENT SUR LA RYTHMICITÉ PSYCHOLOGIQUE : L'ÂGE ET LA MAÎTRISE DE L'EXERCICE**

La rythmicité journalière intellectuelle se met progressivement en place entre l'école maternelle et l'école primaire. Le rythme de vigilance de nature ultradienne observé chez les enfants de maternelle s'estompe pour laisser place au profil classique qui s'installe entre la maternelle et la fin du premier cycle. Il convient donc de respecter ces plages de vigilance de durée différente et d'adapter les horaires et les durées des séquences d'enseignement à l'âge de l'enfant. Le groupe d'experts recommande de considérer différemment les modalités d'enseignement en maternelle, en primaire et en secondaire. Chez les élèves de primaire, le profil classique d'évolution journalière des performances montre une élévation de la performance du début jusqu'à la fin de la matinée scolaire, une chute après le déjeuner, puis une nouvelle progression au cours de l'après-midi.

Cependant, les rythmes de performance intellectuelle des enfants sont modulés par plusieurs facteurs tels que le niveau scolaire, la motivation, la nature de la tâche, le stade d'apprentissage, autant de facteurs qui jouent sur la maîtrise de l'exercice. Par exemple, les élèves qui ne maîtrisent pas la tâche ont des profils de rythmicité de vigilance et de performance différents du profil classique. Ces profils sont plus souvent observés chez les élèves des écoles situées en zone sensible (ZEP). Le groupe d'experts propose d'aménager le temps scolaire en priorité dans ces écoles. Les périodes de faible vigilance en début de matinée et d'après-midi seront occupées par des activités ne nécessitant pas une forte mobilisation cognitive (activités faiblement sollicitantes) comme diverses activités culturelles ou sportives.

### **AMÉNAGER LA SEMAINE SCOLAIRE POUR NE PAS PERTURBER LE RYTHME JOURNALIER DE L'ENFANT**

D'après les données disponibles dans quelques études françaises, il apparaît qu'au cours de la semaine scolaire traditionnelle (4 jours 1/2 de classe dont le samedi matin) le profil classique journalier de rythmicité intellectuelle est observé tous les jours sauf le lundi. La performance intellectuelle progresse ainsi au cours de la matinée, est faible après le déjeuner puis s'élève de nouveau au cours de l'après-midi. En revanche, le profil de rythmicité intellectuelle journalier est perturbé lorsqu'un aménagement de la semaine scolaire de type 4 jours (lundi, mardi, jeudi, vendredi) est mis en place dans les zones sensibles.

Dans ces zones, si on n'offre pas d'activités péri-ou extra-scolaires, la perturbation de la rythmicité intellectuelle journalière s'accompagne d'une baisse significative du niveau de performance ce qui évoque une rupture de synchronisation entre la rythmicité propre de l'élève et les rythmes de son environnement. Les experts préconisent d'éviter la semaine de 4 jours en particulier

Jusqu'à la fin du primaire, le repos du mercredi permet un lever spontané supplémentaire qui apparaît favorable à l'équilibre de l'enfant.

## Promouvoir des recherches

### DÉFINIR DES MARQUEURS DE RYTHMES BIOLOGIQUES NON INVASIFS CHEZ L'ENFANT

Chez l'enfant, les rythmes biologiques ont été peu étudiés et de nombreux résultats obtenus chez l'adulte ont été extrapolés à l'enfant. L'insuffisance quantitative des études, tant expérimentales qu'épidémiologiques, est liée pour beaucoup au caractère invasif des marqueurs disponibles. Il s'avère ainsi nécessaire de rechercher des marqueurs biologiques facilement mesurables chez l'enfant. Les concentrations plasmatiques de cortisol et de mélatonine sont reconnues comme des marqueurs fiables du rythme circadien. Des recherches devront être entreprises pour valider dans les fluides biologiques comme la salive ou l'urine les concentrations d'hormones ou de leurs métabolites comme marqueurs du rythme circadien. L'enregistrement du cycle activité-repos peut également être effectué grâce à des bracelets d'actométrie (enregistrement du nombre de mouvements) toutes les minutes. Plusieurs modèles sont commercialisés et pourraient être utilisés pour mesurer ce rythme chez l'enfant.

Selon l'objectif de l'étude (expérimental, clinique ou épidémiologique), on choisira soit des prélèvements nombreux au cours de la journée sur un petit nombre d'individus, soit un nombre de points de mesure limité permettant l'appréciation d'une variable pertinente pour une étude à visée populationnelle.

### INVESTIR DANS LA CONNAISSANCE ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES RYTHMES BIOLOGIQUES

Disposer de plus nombreux marqueurs non invasifs des rythmes de l'enfant permettra dès lors d'envisager le développement de larges études épidémiologiques, tant descriptives qu'explicatives. On peut dès maintenant, sans prétendre à l'exhaustivité, proposer un certain nombre de grandes thématiques :

- étude du cycle activité-repos par actométrie couplée à l'étude du rythme veille/sommeil (peu de résultats sur les enfants scolarisés ont été obtenus jusqu'à présent). Ces études devront être réalisées dans différentes conditions d'environnement ;
- étude de l'influence du cycle activité-repos sur les performances des enfants et sur leur état de fatigue. À noter toutefois qu'une échelle de fatigue pertinente reste à valider ;

- approche longitudinale du rythme veille/sommeil chez l'enfant de 3 à 12 ans, en privilégiant l'étude de la structure du sommeil et de la synchronisation du rythme veille/sommeil et des autres rythmes circadiens.

#### DÉVELOPPER LES ÉVALUATIONS DE QUELQUES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT DU TEMPS SCOLAIRE

Plusieurs tentatives d'aménagement du temps scolaire ont été mises en place ces dernières années. Leur caractéristique principale est une très grande diversité qui porte sur les types d'emplois du temps proposés ainsi que sur les effectifs d'enfants concernés. Cette diversité et une absence de moyens ont été des obstacles à l'évaluation de ces expériences. Aucun élément d'appréciation pertinent n'a pu être dégagé pour préconiser d'adopter une organisation particulière du temps scolaire.

Le groupe d'experts propose que quelques scénarios d'aménagement du temps scolaire soient mis en place et que les moyens nécessaires à leur évaluation soient dégagés. Différents types d'organisation du temps scolaire sur la semaine avec ou sans accompagnement (mise en place d'activités péri- et extra-scolaires) pourraient être évalués non seulement sur le plan des performances scolaires, mais aussi sur le plan des rythmes circadiens et chronopsychologiques, grâce aux compétences d'équipes multidisciplinaires. Les effectifs d'enfants soumis à ces différents emplois du temps devront être suffisants pour introduire au cours de l'analyse des paramètres tels que l'âge, le sexe et le niveau socioculturel des enfants concernés.

#### CRÉER UN OBSERVATOIRE DES RYTHMES DE L'ENFANT

L'emploi du temps scolaire représente un synchroniseur environnemental important susceptible de s'harmoniser plus ou moins bien avec les rythmes de l'enfant. Le groupe d'experts propose qu'un observatoire des rythmes de l'enfant soit créé. Cette structure aurait pour mission de rassembler à l'échelle de la France les différentes données biologiques et chronopsychologiques acquises chez les enfants, comme celles concernant la durée du sommeil, les variations dues au milieu socio-économique... Une seconde mission pourrait concerner la promotion de recherches étudiant la typologie individuelle, la rythmicité en dehors de l'école pendant les vacances scolaires. Enfin, la création de cet observatoire pourrait permettre de standardiser les questionnaires, les moyens d'investigation et d'évaluation.