

3

Sommeil de l'enfant, de la période foetale à l'adolescence

Les états de vigilance de l'enfant s'organisent dès la période foetale. L'installation d'un rythme veille-sommeil synchronisé sur les 24 heures apparaît dès les premières semaines et les principales caractéristiques du sommeil de l'adulte s'établissent dans les deux premières années de la vie. La rapidité de ce développement explique une certaine fragilité comme les difficultés d'installation du rythme jour/nuit et les éveils faciles de l'enfant de moins de 2 ans. Les particularités de la structure du sommeil entre 3 et 10 ans et celles de la période pubertaire vont expliquer quant à elles les difficultés à passer d'un état de sommeil à un autre chez le préadolescent et les irrégularités du rythme veille-sommeil de l'adolescent.

Organisation du sommeil

Différents stades de vigilance peuvent être identifiés dès la naissance, ainsi que le rapportent des travaux déjà anciens incluant ceux de Roffwarg et coll. (1964), Dreyfus-Brisac (1970), Monod et coll. (1964), Parmelee et coll. (1967), Precht et coll. (1968), Wolff et Ferber (1979) et Anders et coll. (1971). Les études polygraphiques ont permis de distinguer très tôt tous les états de vigilance de l'adulte : sommeil agité et sommeil calme, équivalents du sommeil paradoxal et du sommeil lent profond, éveil.

Stades de vigilance chez le nouveau-né

Ces états de vigilance ont été classés par Precht et coll. (1968) en 5 stades allant du sommeil calme à l'excitation maximale de l'éveil avec pleurs.

Sommeil calme (stade I)

Ce sommeil a toutes les caractéristiques du sommeil lent de l'adulte, il est probablement l'équivalent du sommeil lent profond. Il est très stable, n'est généralement interrompu par aucun éveil. Durant cette période, le nouveau-né est immobile, ne présente aucun mouvement corporel en dehors

de quelques sursauts, mais il reste tonique. Les poings sont souvent fermés, les bras pliés et ramenés vers le thorax. Le visage est peu expressif, exception faite de petits mouvements de succion périodiques observés généralement juste avant les tétées. Les yeux sont fermés, sans aucun mouvement oculaire. La respiration est régulière, à peine audible. La durée de ce sommeil est très stable, de 20 minutes environ.

Sommeil agité (stade II)

Ce sommeil est, dès la période foetale, l'équivalent du sommeil paradoxal, mais il est interrompu par de fréquents mouvements corporels : mouvements d'étiement, mouvements plus fins à peine perceptibles des doigts et des orteils, mouvements un peu plus amples des jambes et des bras. Le visage du nouveau-né est au cours de ce sommeil très expressif, animé par de multiples mimiques ; du sourire à la tristesse, nous avons reconnu les expressions des six émotions fondamentales : la peur, la colère, la surprise, le dégoût, la tristesse et la joie (Challamel, 1992). Comme chez l'adulte au cours du sommeil paradoxal, on observe chez le nouveau-né, durant le sommeil agité, des mouvements oculaires rapides, une atonie musculaire entre les mouvements corporels ; une respiration plus rapide et plus irrégulière qu'en sommeil calme. Ce sommeil est beaucoup moins stable que le sommeil calme, sa durée varie de 10 à 45 minutes (25 minutes en moyenne).

État de veille calme (stade III)

L'état de veille calme est un moment d'éveil attentif au cours duquel le nouveau-né peut dès les premiers jours de vie être attentif à son environnement. Cet état n'apparaît, au cours des tout premiers jours, que pendant quelques minutes, deux à trois fois par jour.

États de veille agitée avec ou sans pleurs (stades IV et V)

Ces deux états sont bien plus fréquents au cours des premiers jours que les éveils calmes. Durant ces périodes, le nouveau-né est peu attentif à son environnement.

Développement des états de vigilance

Les étapes du développement du cycle veille-sommeil et de la structure du sommeil sont très liées. Elles sont résumées dans le tableau 3.I.

Période foetale

Les premières études ont été basées sur la perception des mouvements foetaux à travers la paroi abdominale maternelle (pour revue, voir Prechtl, 1988). Les progrès des techniques ultrasonographiques en temps réel depuis 1980 ont permis une étude beaucoup plus précise des états de vigilance foetaux. Ces études révèlent l'existence d'un rythme « activité-repos » dès la vingtième

Tableau 3.1 : 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

semaine de gestation dont la périodicité, aux environs de 50 minutes, est pratiquement identique à celle du cycle de sommeil du nouveau-né. Ces études ont permis de démontrer que les états de vigilance du fœtus sont tout à fait identiques à ceux du prématuré du même âge gestationnel. Okai et coll. (1992) indiquent l'apparition de périodes stables de sommeil agité et de sommeil calme de plus de 3 minutes, entre 28 et 31 semaines d'âge gestationnel ; ils révèlent qu'il existe une corrélation étroite entre l'apparition de mouvements oculaires rapides et des mouvements respiratoires après 27 semaines de gestation. Visser et coll. (1987) rapportent une corrélation entre fréquence cardiaque, mouvements oculaires et mouvements corporels chez des fœtus normaux de 30 à 32 semaines d'âge gestationnel. Groom et coll. (1997), sur la comparaison des enregistrements de 30 fœtus âgés de 38 à 40 semaines de gestation, réenregistrés à 2 semaines d'âge postnatal révèlent que les quantités de sommeil agité, de sommeil calme et de sommeil indéterminé sont pratiquement identiques chez le fœtus et le nouveau-né. Les états de vigilance fœtaux sont indépendants de ceux de la mère (Hoppenbrouwers et coll., 1978). Ces fœtus dorment encore pendant le travail et nous avons démontré sur l'enregistrement de l'EEG fœtal, de l'activité corporelle et de la variabilité cardiaque au cours d'accouchements normaux, que l'alternance de deux états de sommeil (sommeil agité et calme) est tout à fait identique à celle observée chez le nouveau-né dans les premières heures postnatales (Challamel et coll., 1975).

Nouveau-né prématuré

Le développement des états de vigilance du prématuré a été décrit de façon très précise par Monod et coll. (1964), Monod et Curzi-Dascalova (1973),

Curzi-Dascalova et Peirano (1989) et Curzi-Dascalova et coll. (1987, 1988, 1993). Les premières périodes de sommeil agité apparaissent à 27 semaines de gestation chez les nouveau-nés neurologiquement normaux et cliniquement stables. Jusqu'à 34 semaines de gestation, 30 % environ du temps de sommeil total est passé en sommeil indéterminé ; après 35-36 semaines de gestation, le sommeil indéterminé diminue significativement et la structure du sommeil devient pratiquement identique à celle observée pendant le premier mois de vie. Au-delà de 31-34 semaines de gestation, un pourcentage significativement plus élevé du temps de sommeil total est passé en sommeil agité quand on le compare au sommeil calme ; près du terme, 55 % à 65 % du temps de sommeil total est passé en sommeil agité pour 20 % environ en sommeil calme. Le cycle de sommeil est plus court avant 35 semaines de gestation avec une durée moyenne de 45-50 minutes. À partir de 35-36 semaines de gestation jusqu'au terme, le cycle de sommeil est de 55 à 60 minutes, tout à fait identique à celui observé au cours des premiers mois de vie.

L'organisation du sommeil des enfants prématurés atteignant le terme, et celui des nouveau-nés à terme hypotrophiques, ne diffère pas de celle observée chez les nouveau-nés à terme.

Nouveau-né à terme

Chez le nouveau-né à terme, le cycle de sommeil reste court de 50 à 60 minutes (90 à 120 minutes chez l'adulte) et est constitué d'une période de sommeil agité et d'une période de sommeil calme. Le sommeil agité représente 50 % à 60 % du temps de sommeil total (20 % à 25 % chez l'adulte), les endormissements se font en sommeil agité (ils se font en sommeil lent chez l'adulte).

Le développement du sommeil de la période néonatale à la petite enfance est caractérisé par des modifications importantes de l'activité électroencéphalographique, de la qualité des états de sommeil et du pourcentage et de l'organisation des différents stades de vigilance. Pratiquement toutes ces modifications apparaissent au cours des deux premières années de la vie (figure 3.1).

Six premiers mois de vie

C'est le moment où le sommeil va se transformer très rapidement. Toutes les principales caractéristiques du sommeil de l'adulte vont se mettre en place au cours de cette période. Le sommeil agité des premiers jours, entrecoupé par de fréquents mouvements corporels, va progressivement faire place à un sommeil stable que l'on va dès l'âge de 3 mois appeler sommeil paradoxal. Ce sommeil va surtout beaucoup diminuer en quantité : de 50 % à 60 % du temps de sommeil total à la naissance, il n'en représente que 35 % à 3 mois et atteint les valeurs de l'adulte vers 1 an (20-25 %) (Louis et coll., 1997). Entre 1,5 mois et 3 mois, il va être possible d'individualiser dans le sommeil calme les différents stades du sommeil lent de l'adulte, stades I, II et III-IV, sommeil lent léger (stades 1 et 2) et sommeil lent profond (stades 3 et 4) (Guilleminault et

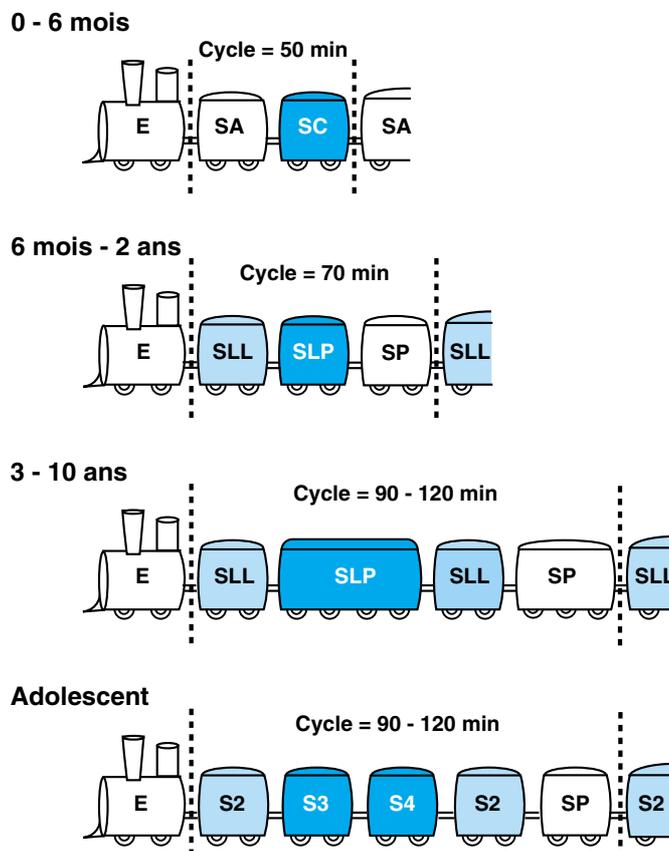


Figure 3.1 : Maturation de la structure du premier cycle de sommeil nocturne (d'après Prosom)

E : endormissement ; SA : sommeil agité ; SC : sommeil calme ; SLL (S2) : sommeil lent léger ; SLP (S3 + S4) : sommeil lent profond ; SP : sommeil paradoxal ; S2 : stade 2 du sommeil lent ; S3 : stade 3 du sommeil lent ; S4 : stade 4 du sommeil lent

Souquet, 1979 ; Louis et coll., 1992). Au cours de cette période, le pourcentage de sommeil lent léger (stade II) augmente de façon importante ; avant 6 mois ce stade est présent uniquement au début du sommeil lent (Challamel, 1988) (figure 3.1).

De 6 mois à 2 ans

Les études de la structure du sommeil entre 6 mois et 2 ans sont peu nombreuses (Louis et coll., 1997 ; Louis, 1998 ; Navelet et coll., 1982 ; Fagioli et Salzarulo, 1982 ; Kohler et coll., 1968). Dans une étude longitudinale effectuée sur 15 enfants au cours des deux premières années de la vie, Louis et coll. (1997) montrent qu'il existe une réduction significative du sommeil paradoxal, due à une diminution du nombre de périodes de sommeil paradoxal

alors que leur durée reste stable aux environs de 20 minutes, comme celle de l'adulte. Cette période est caractérisée par une très grande stabilité du pourcentage de sommeil lent profond nocturne. À partir de 6 mois, les endormissements se font, comme chez l'adulte, en sommeil lent. Toutes ces modifications de la structure du sommeil apparaissent de façon plus précoce au cours de la partie diurne. L'organisation nycthémerale des états de sommeil avec une prédominance du sommeil lent profond en première partie de nuit, des périodes plus longues de sommeil paradoxal en seconde partie de nuit apparaissent à 1 an. L'allongement de la durée du cycle de sommeil débute au cours de la deuxième année de vie (figure 3.1).

Entre 2 et 6 ans

Les études polygraphiques de sommeil entre 2 et 6 ans sont également peu nombreuses, transversales et portent sur un très petit nombre de sujets (Feinberg et coll., 1967 ; Kahn et coll., 1973 ; Roffwarg et coll., 1964 ; Navelet et d'Allest, 1989). Au cours de cette période, la disparition de la sieste entraîne une importante réorganisation du sommeil nocturne. Le sommeil est caractérisé par une très grande quantité de sommeil lent profond en première partie de nuit avec, à 6 ans, une latence de la première phase de sommeil paradoxal qui atteint 180 minutes (figure 3.1). Cette période est aussi caractérisée par l'immaturation des transitions d'un état de vigilance à un autre. Ces particularités de la structure du sommeil expliquent que certains troubles du sommeil, comme les terreurs nocturnes et le somnambulisme, débutent à cet âge.

Entre 6 et 10 ans

Les études de Coble et coll. (1984, 1987), analysant des résultats obtenus chez 43 enfants enregistrés la nuit entre 6-7 ans et 10-11 ans, de façon transversale, indiquent qu'il existe au cours de cette période d'âge une diminution du temps de sommeil nocturne, une légère diminution du temps de sommeil lent profond et de la latence de la première phase de sommeil paradoxal, une augmentation de la latence d'endormissement (figure 3.1). Entre 6 et 10 ans, le sommeil nocturne reste cependant de très bonne qualité, riche en sommeil lent profond dans la première partie de nuit, ce qui va favoriser la survenue de certaines parasomnies : terreurs nocturnes, somnambulisme et énurésie, pathologies fréquentes et peu inquiétantes à ces âges. Les études de Carskadon et Dement (1987) et de Palm et coll. (1989) révèlent, sur des études de la vigilance diurne par le test itératif d'endormissement, que les enfants prépubères à partir de 6-7 ans étaient très vigilants tout au long de la journée et ne s'endormaient qu'exceptionnellement aux tests.

Entre 10 et 16 ans

Au cours de cette période, le sommeil devient identique à celui de l'adulte. Ainsi, si l'on compare les enregistrements polygraphiques de sommeil de pré-adolescents et d'adolescents (Coble et coll., 1984 ; Carskadon et Dement, 1987), on constate chez ces derniers une diminution importante du sommeil

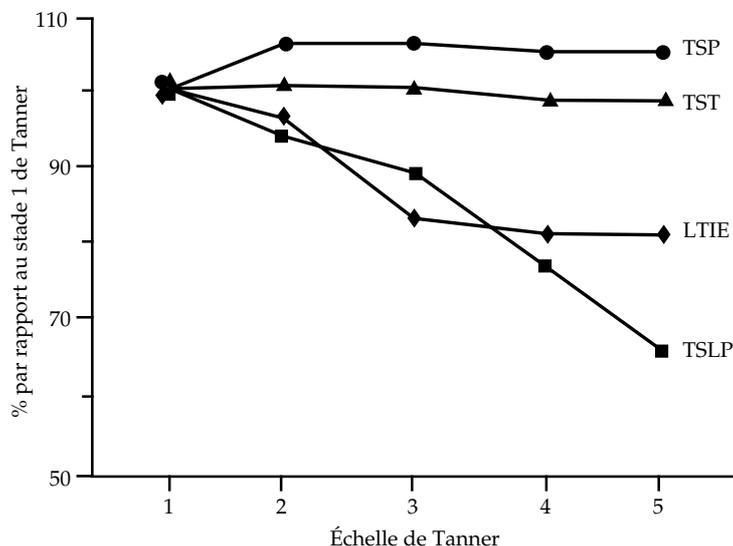


Figure 3.2 : Évolution de états de sommeil en fonction des stades pubertaires définis par Tanner (d'après Carskadon, 1982)

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

lent profond, une augmentation du sommeil lent léger et une diminution de la latence de la première phase de sommeil paradoxal, puisque, comme chez l'adulte, elle apparaît environ 70 à 90 minutes après l'endormissement. L'étude de Carskadon (1982) est significative : durant 6 ans, les mêmes 16 enfants ont été enregistrés une fois par an, sur 3 nuits, entre 10 et 16 ans. Quel que soit leur âge, l'heure du coucher était à 22 heures, celle du lever à 8 heures. Cette étude révèle que le temps de sommeil total et la durée du sommeil paradoxal restaient constants entre 10 et 16 ans, tandis que le temps de sommeil lent profond diminuait de 35 % à partir de 13 ans (figure 3.2). Les tests itératifs d'endormissement ont d'autre part montré que, après une durée égale de sommeil nocturne pour tous, les préadolescents ne s'endormaient que très rarement dans la journée et toujours après des latences d'au moins 18 minutes. En revanche, à partir de l'âge de 13 ans (stade III de l'échelle de Tanner) apparaît une somnolence diurne puisque l'adolescent s'endort souvent en moins de 10 minutes. Il existe donc au cours de l'adolescence des besoins de sommeil plus importants que chez le préadolescent, une « hypersomnie physiologique » très souvent aggravée lors des jours scolaires par une privation de sommeil. De nombreuses études épidémiologiques révèlent qu'il existe une diminution importante du temps de sommeil chez l'adolescent, de 2 heures en moyenne entre 10 et 20 ans, passant de 9 heures de sommeil à l'âge de 10 ans, à 7 heures à l'âge de 20 ans (Carskadon et coll., 1980 ; Wolfson et Carskadon, 1998 ; Patois et coll., 1993 ; Verlander et coll., 1999 ;

Strauch et Meir, 1988, Andrade et coll., 1993). L'adolescence est également caractérisée par une tendance naturelle au retard de phase (Carskadon et coll., 1993, 1997). Le sommeil de l'adolescent est donc caractérisé par l'existence d'un retard de phase et par des irrégularités du rythme veille-sommeil. La tendance au retard de phase est semble-t-il partiellement liée aux modifications biologiques qui accompagnent la puberté (Carskadon et coll., 1993 ; Labyak et coll., 1998) et est aggravée par le rythme de vie de l'adolescent qui se couche tard pour étudier, ou se démarquer de sa famille. En période scolaire, il doit se lever tôt, notamment s'il a un temps de transport important (Carskadon et coll., 1998). Le temps de sommeil est ainsi diminué, surtout chez les filles qui se lèvent plus tôt que les garçons. L'adolescent se trouve en état de privation de sommeil qu'il essaie de compenser, pendant le week-end, par des réveils très tardifs. L'étude de Carskadon et coll. (1980) indique qu'il existait en moyenne une différence de 40 minutes entre le temps moyen de sommeil en semaine et celui des week-ends. Dans l'étude de Patois et coll. (1993), qui analysent les habitudes de sommeil de 25 703 adolescents de 15 à 20 ans, la différence moyenne entre les durées du sommeil en période scolaire et en fin de semaine est de près de 2 heures, celle entre période scolaire et vacances de 1,25 heure ; 85 % des adolescents dorment plus longtemps en vacances qu'en période scolaire : 49 % 1 à 2 heures de plus, 21 % 3 à 4 heures de plus, 3 % plus de 5 heures.

Durées de sommeil

De nombreuses études ont, de la première enfance à l'adolescence, analysé les durées de sommeil et d'éveil. Elles se sont appuyées sur les réponses apportées par des questionnaires ou sur les résultats d'études actométriques (Parmelee et coll., 1964 ; Klackenberg, 1982 ; Koch et coll., 1984 ; Sadeh et coll., 1991). Le temps total de sommeil diminue d'un temps moyen de 16-17 heures au cours de la période néonatale à 14-15 heures à 6 mois, environ 13 heures à 2 ans, 9 heures à 10 ans et 7,5 heures à la fin de l'adolescence. Il existe à tous les âges une variabilité interindividuelle importante, de 2 à 3 heures (Ferber, 1985) alors que la variabilité intra-individuelle est faible (Klackenberg, 1982 ; Löhr et Siegmund, 1999) et on peut pratiquement affirmer qu'il existe dès les tout premiers jours de vie, comme chez l'adulte, des petits et des gros dormeurs. Certains nouveau-nés, petits dormeurs, ne dormiront que 14 heures par jour, tandis que d'autres dormiront 20 heures. Des différences ethniques existent aussi : une étude indique que les enfants italiens de 6 ans dorment 2 heures de moins que les enfants anglo-saxons ou suisses ; cette diminution du sommeil est probablement liée à un coucher beaucoup plus tardif chez les enfants italiens, la diminution du sommeil nocturne n'étant pas compensée, à cet âge, par un éveil plus tardif (Ottaviano et coll., 1996). Après 6 ans, la diminution du temps de sommeil est liée à un retard progressif de l'heure du coucher alors que l'heure du lever reste fixe en raison des impératifs scolaires.

Consolidation du sommeil nocturne

La consolidation du sommeil nocturne a été définie chez le petit enfant par l'existence d'un sommeil ininterrompu entre minuit et 5 heures (Anders, 1979 ; Anders et coll., 1992). La plupart des enfants font des nuits complètes entre 3 et 6 mois, mais Moore et Ucko (1957), révèlent qu'un certain nombre d'enfants qui faisaient leur nuit, se réveillent de nouveau à partir de 9 mois. Cette augmentation est probablement liée à des problèmes environnementaux (enfants incapables de s'endormir seuls) mais aussi à des facteurs biologiques. L'étude de Louis et coll. (1997) indique aussi une augmentation des éveils nocturnes à l'âge de 9 mois. Chez les enfants de moins de 3 ans, ces éveils nocturnes sont physiologiques et surviennent le plus souvent entre minuit et 5 heures. Ils sont signalés plusieurs fois par nuit aux parents par 20 % à 40 % des enfants entre 1 et 3 ans, très souvent parce qu'ils sont incapables de s'endormir seuls, sans l'aide de leurs parents (Adair et coll., 1991). La disparition de ces éveils après 3 ans est probablement secondaire à l'augmentation importante du sommeil lent profond en première partie de nuit et à l'allongement du cycle de sommeil.

Temps de sommeil de jour, organisation des siestes

C'est le jour que les quantités de sommeil vont le plus se modifier. Ce sommeil diurne est important à la naissance. Il va diminuer très rapidement au cours des deux premières années. À partir de 2 ans et jusqu'à l'âge de la disparition de la dernière sieste entre 3 et 6 ans, la durée de ce temps de sommeil diurne va rester stable aux environs de 2 heures (Weissbluth, 1995). Le nombre de siestes et leur répartition vont se modifier en fonction de l'âge. À 6 mois, l'enfant fait généralement trois siestes, une le matin, une en début d'après-midi, une en fin d'après-midi. La sieste de fin d'après-midi va disparaître entre 9 et 12 mois, celle du matin entre 15 et 18 mois. Celle de l'après-midi est généralement perdue entre 3 et 6 ans, la persistance d'une sieste régulière après l'âge de 7 ans devant faire évoquer une privation de sommeil nocturne ou même une hypersomnie.

L'organisation des siestes et leur durée sont très variables d'un enfant à l'autre, et parfois même chez un même enfant d'un jour à l'autre. À partir de 2 ans, il peut exister une corrélation négative entre la durée du sommeil diurne et celle du sommeil nocturne (Klackenberg, 1982). Chez les enfants qui ont des difficultés de sommeil, il faudra parfois réorganiser les siestes en fonction de leur âge, puisque des siestes trop fréquentes pour l'âge, trop tardives après 16 heures, trop précoces le matin pourront entraîner des difficultés d'endormissement et des éveils nocturnes.

Développement des rythmes circadiens

Chez le nouveau-né, les états veille-sommeil s'organisent selon un rythme ultradien dont la période principale se situe aux environs de 4 heures. Ce rythme est endogène et probablement indépendant du rythme des prises alimentaires (Salzarulo, 1980).

L'installation d'un rythme veille-sommeil stable de 24 heures, qui peut être variable d'un enfant à l'autre, passe par trois étapes (Löhr et Siegmund, 1999) :

- la diminution de l'influence ultradienne ;
- l'augmentation de la composante circadienne ;
- l'entraînement sur 24 heures par les synchronisateurs externes ou donneurs de temps.

Diminution de l'influence des composantes ultradiennes

Les travaux de Löhr et Siegmund (1999) indiquent, à partir de l'analyse d'une étude chez 26 enfants, que le rythme ultradien veille-sommeil et celui des prises alimentaires au cours des tout premiers jours de vie comporte plusieurs périodes variant de 2 à 12 heures mais dont le rythme prédominant se situe aux environs de 4 heures. L'influence de ce rythme prépondérant de 4 heures va diminuer rapidement pour les rythmes veille-sommeil alors qu'elle va persister pour les prises alimentaires.

Augmentation de la composante circadienne

En fait, la composante circadienne existe dès la période néonatale ou même anténatale mais elle est masquée au cours des toutes premières semaines de vie par le rythme ultradien prédominant. Il existe d'ailleurs, dès les tout premiers jours, une asymétrie pour le temps de sommeil entre jour et nuit, l'état de veille étant un peu plus important au cours de la partie diurne des 24 heures. Certaines études révèlent d'ailleurs que le *pacemaker* circadien est probablement fonctionnel au cours du dernier trimestre de la vie fœtale. Mirmiran et coll. (1990) démontrent l'existence de rythmes aux environs de 25 heures pour la température corporelle chez des prématurés de 28 à 34 semaines d'âge conceptionnel. McMillen et coll. (1991) indiquent que des prématurés de 35 semaines sont entraîna- bles par l'alternance lumière-obscurité. La plupart des études anciennes, dont la célèbre étude de Kleitman, qui analysent le développement du rythme veille-sommeil souvent chez un seul enfant, généralement premier-né, au cours des premiers mois de vie, révèlent que l'évolution des rythmes veille-sommeil d'un rythme ultradien de 3-4 heures dans les toutes premières semaines de vie vers une stabilisation des rythmes sur 24 heures vers 3-4 mois se faisait par une période de rythme en libre cours aux environs de 25 heures (Kleitman et Engelmann, 1953 ; Hellbrugge, 1974 ; Meier-Koll et coll., 1978 ; Tomioka et Tomioka, 1991). Des études plus

récentes ou portant sur un plus grand nombre d'observations (Löhr et Siegmund, 1999 ; McGraw et coll., 1999 ; Shimada et coll., 1999) indiquent que l'installation d'un rythme circadien stable de 24 heures apparaît très vite : 75 % des 84 enfants étudiés par Shimada et coll. ont un rythme veille-sommeil stable de 24 heures à 3-4 semaines, cette rythmicité de 24 heures ayant été immédiatement précédée chez la plupart des enfants par une rythmicité ultradienne de 3-4 heures ou par des rythmes veille-sommeil irréguliers ; 7 % seulement des enfants de cette étude sont passés par une période de « libre cours » avant l'installation du rythme de 24 heures (figure 3.3). Cette étude concernait 44 prématurés et 40 enfants nés à terme. Le rythme de 24 heures s'est installé, pour la plupart, à un âge postconceptionnel de 44,8 semaines sans différence pour l'âge de l'entraînement entre les prématurés et les enfants nés à terme. Löhr et Siegmund (1999) démontrent en étudiant l'installation du rythme jour/nuit chez 26 enfants que la période de libre cours quand elle existe n'a pas forcément une période de plus de 24 heures mais que cette période peut être plus courte (23 heures) ; certains enfants, au cours de cette période de libre cours, peuvent même alterner des rythmes circadiens inférieurs à 24 heures ou supérieurs à 24 heures.

Très vite les périodes de sommeil et d'éveil ne sont donc plus distribuées de façon aléatoire au cours des 24 heures ; les périodes de sommeil et les périodes de veille les plus longues surviennent à heures fixes le jour pour les périodes de veille, la nuit pour le sommeil. Coons (1987) montre que, à partir de 6 mois, la période de sommeil la plus longue suit généralement la période de veille la plus longue. L'observation de McGraw et coll. (1999) concernant un enfant vivant en lumière naturelle et dans un contexte d'environnement stable révèle que l'apparition d'un rythme circadien de 24 heures pour l'éveil est plus précoce que celle du sommeil.

Les rythmes circadiens pour les fréquences cardiaques, les mouvements corporels, la température corporelle, le cortisol et la mélatonine apparaissent tous au cours des deux premiers mois de vie. Le pic du cortisol en fin de nuit apparaît pour Spangler (1991) entre 3 et 7 mois. Glotzbach et coll. (1994) et Guilleminault et coll. (1996) montrent que l'amplitude de ces rythmes, faible à 1 mois, va augmenter significativement à partir de 3 mois. Weinert et coll. (1994) démontrent que le rythme circadien pour la température corporelle est présent à partir de 4 semaines. Lodemore et coll. (1991), Guilleminault et coll. (1996) et McGraw et coll. (1999) indiquent que le trou circadien pour la température apparaît très tôt après le coucher ou l'endormissement au cours des 3 premières heures de sommeil nocturne et non, comme chez l'adulte, en seconde partie de nuit. Dans l'observation de McGraw et coll. (1999), l'installation du rythme circadien de la température est très précoce, dès la première semaine, et est suivie par l'apparition de celui de la mélatonine, puis des éveils et finalement du sommeil. Les rythmes circadiens de la température et de la mélatonine jouent peut-être un rôle dans l'installation de rythmes veille-sommeil stables (Sadeh, 1997 ; McGraw et coll., 1999).

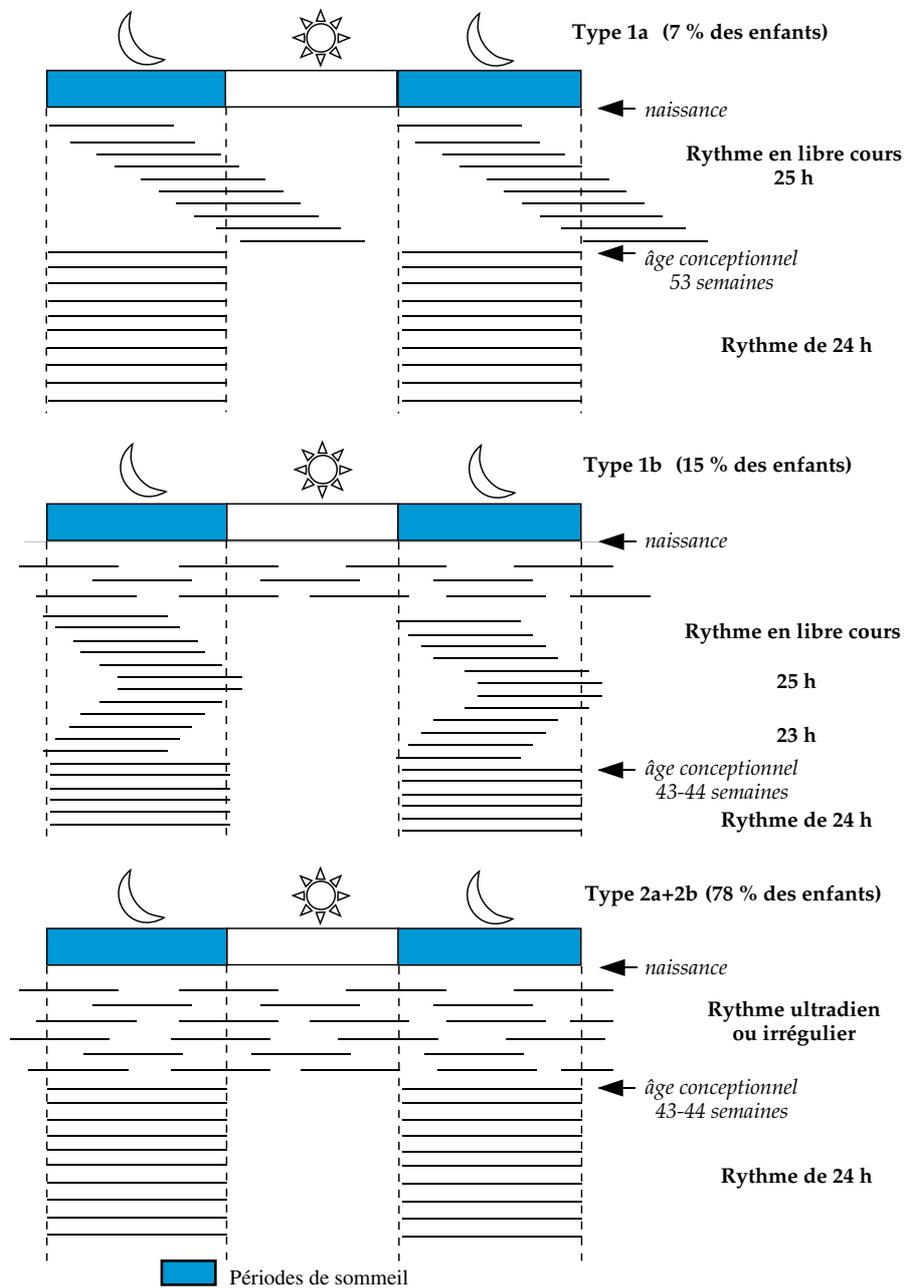


Figure 3.3 : Développement du rythme circadien veille-sommeil : schématisation (d'après Shimada et coll., 1999)

Toutes ces études soulignent la grande variabilité interindividuelle dans la rapidité de l'installation d'un rythme veille-sommeil stable sur 24 heures. Chez le fœtus, les donneurs de temps maternels (dans les tout premiers jours, la relation mère-enfant) sont probablement plus importants que le synchroniseur lumière-obscurité mais, très vite, dès les toutes premières semaines de vie, l'alternance lumière-obscurité et les synchroniseurs sociaux vont jouer un rôle important pour que ces rythmes oscillent sur un rythme stable de 24 heures (Martin du Pan, 1974 ; Ferber et Boyle, 1983). L'alternance du jour et de la nuit, la régularité des repas, celle des moments de jeux, de promenade ou d'échanges, un peu plus tard celle des heures de coucher et surtout d'éveil, tous ces donneurs de temps vont aider le nourrisson dans l'installation de ce rythme et probablement jouer un rôle dans leur synchronisation dont on ne connaît absolument pas les étapes de développement chez l'enfant.

Sommeil et apprentissages

Les travaux sur le rôle du sommeil sur les performances intellectuelles chez l'enfant sont contradictoires, leur interprétation doit être prudente.

Apprentissage, structure du sommeil et quantité de sommeil

Grubar (1983, 1985), à partir d'études de la structure du sommeil effectuées chez des enfants déficients mentaux et chez des enfants précoces, fait une relation entre quantité et qualité du sommeil paradoxal et quotient intellectuel : aux tests d'intelligence les plus élevés correspondaient une plus grande quantité de sommeil paradoxal et une plus grande densité de mouvements oculaires. L'interprétation de ces données doit être très prudente, compte tenu de l'influence possible de nombreux facteurs environnementaux et psychologiques. L'étude de Busby et Pivik (1983), qui compare la structure du sommeil de 12 enfants de 8 à 12 ans d'intelligence supérieure (QI moyen : 133) avec celle de 12 enfants d'intelligence normale (QI moyen : 111) contredit ces résultats puisqu'elle ne révèle pas de différence majeure entre ces deux groupes d'enfants pour la structure du sommeil : il n'existait pas, en particulier, de différence pour la quantité de sommeil paradoxal, et une corrélation négative entre densité des mouvements oculaires et niveau du QI était même observée. Le temps de sommeil total et le temps de stade 2 du sommeil lent étaient un peu plus élevés chez les enfants d'intelligence supérieure.

Chez l'adulte, le rôle bénéfique du sommeil, en particulier paradoxal, semble démontré. Le sommeil paradoxal faciliterait les processus de consolidation mnésique. L'apprentissage intensif et réussi d'une langue étrangère s'accompagnerait d'une augmentation du pourcentage de sommeil paradoxal et de la densité des mouvements oculaires (Smith et Lapp, 1991). Mandai et coll. (1989) démontrent que l'apprentissage du code Morse entraîne des modifications de la durée et du nombre des épisodes de sommeil paradoxal, mais pas de

la densité des mouvements oculaires. L'étude de Nesca et Koulack (1994) démontre qu'après l'apprentissage d'une liste de mots, la consolidation mnésique est significativement meilleure si l'apprentissage est suivi peu après par une période de sommeil. En revanche, ils ont également constaté que la rétention n'était pas meilleure dans le groupe où l'apprentissage était suivi d'une période de sommeil de nuit, lorsqu'on le compare à un groupe de sujets dont l'apprentissage a été suivi d'une nuit de privation de sommeil. Ceci laisse penser que l'effet du sommeil sur la mémoire pourrait être partiellement attribuable à un effet circadien.

Apprentissage et privation de sommeil

Chez l'animal, les études de privation de sommeil semblent assez concordantes et apportent des arguments assez décisifs en faveur du rôle du sommeil paradoxal dans les processus de mémorisation et d'apprentissage. Ces études ont été essentiellement réalisées chez le rat (Fishbein et Gutwein, 1977 ; Bloch et coll., 1979 ; Smith, 1985 ; Dujardin et coll., 1988, 1990 ; Leconte, 1990). On peut les résumer ainsi :

- la privation de sommeil paradoxal perturbe l'apprentissage des tâches complexes et nouvelles ;
- seul un apprentissage « réussi » entraîne une augmentation du sommeil paradoxal ;
- le premier sommeil qui suit immédiatement l'apprentissage serait important puisqu'il est le plus modifié en quantité et en qualité.

Les expériences de privation de sommeil chez l'adulte ont été nombreuses (Guerrien, 1994), les plus récentes insistant sur le rôle non seulement du sommeil paradoxal, mais aussi du sommeil lent, en particulier du stade 2, et de sa stabilité (Smith, 1995 ; Walsh et coll., 1994). Ces privations de sommeil affectent les performances des tâches inhabituelles et complexes. Chez l'enfant, les expériences de privation de sommeil sont exceptionnelles ; Randazzo et coll. (1998) montrent qu'une privation partielle de sommeil (nuit de 5 heures) sur une seule nuit dans un groupe d'enfants de 10 à 14 ans suffirait à perturber l'apprentissage des tâches les plus complexes (tâches de créativité) et les plus éloignées des tâches habituelles. Poulizac (cité par Leconte-Lambert, 1994), dans une enquête déjà ancienne sur un échantillon d'enfants de 7 à 8 ans, révèle que, parmi les enfants dormant moins de 8 heures, 61 % présentaient un retard scolaire d'au moins un an, aucun n'était en avance. En revanche, parmi les enfants dormant plus de 10 heures, 13 % seulement présentaient un retard et 11 % étaient en avance d'au moins un an. Cette équation entre une plus grande quantité de sommeil et de meilleures performances scolaires est également retrouvée dans des observations plus récentes, mais son interprétation doit toutefois rester prudente.

En conclusion, dès la naissance, différents stades de vigilance peuvent être identifiés : sommeil calme, sommeil agité, état de veille calme, états de veille

agitée avec ou sans pleurs. Chez le jeune enfant, le sommeil va évoluer dans sa structure et dans sa durée en différentes étapes pour devenir identique à celui de l'adulte entre 10 et 16 ans. Entre 3 et 6 ans le sommeil diurne va progressivement disparaître et le temps de sommeil profond nocturne devient plus important. Après 12 ans, le sommeil nocturne est plus léger. À l'adolescence une tendance à la somnolence diurne et à des couchers et levers tardifs se manifeste. Les rythmes veille/sommeil apparaissent irréguliers. Si la structure du sommeil semble assez semblable d'un enfant à l'autre, il existe néanmoins de grandes variations en besoin de sommeil. Les travaux sur le rôle du sommeil sur les performances intellectuelles ont été développés principalement chez l'adulte et chez l'animal, peu d'études concernent l'enfant. Quelques résultats semblent mettre en évidence une relation entre la quantité de sommeil et les performances scolaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAIR R, BAUCHNER H, PHILIP B, LEVENSON S, ZUCHERMAN B. Night waking during infancy : the role of parental presence at bedtime. *Pediatrics* 1991, **87** : 500-503
- ANDERS T, EMDE R, PARMELEE A. *A manual of standardized terminology, techniques and criteria for scoring of states of sleep and wakefulness in newborn Infants*. Los Angeles : UCLA Brain Information Service, MINDS Neurological Information Network, 1971
- ANDERS TF. Night-waking in infants during the first year of life. *Pediatrics* 1979, **63** : 860
- ANDERS TF, HALPERN LF, HUA J. Sleeping through the night : a developmental perspective. *Pediatrics* 1992, **90** : 554-560
- ANDRADE MM, BENITO-SILVA EE, DOMENICE S, ARNHOLD IJP, MENNA-BARRETO L. Sleep characteristics of adolescents : A longitudinal study. *J Adolescent Health* 1993, **14** : 401-406
- BLOCH V, DUBOIS-HENNEVIN E, LECONTE P. Sommeil et mémoire. *La Recherche* 1979, **106** : 1182-1191.
- BUSBY K, PIVIK RT. Sleep patterns in children of superior intelligence. *J Child Psychol Psychiat* 1983, **24** : 587-600
- CARSKADON MA. The second decade. In : *Sleeping and waking disorders : Indications and techniques*. GUILLEMINAULT C ed. Menlo park, Addison Wesley, 1982
- CARSKADON MA, DEMENT WC. Daytime sleepiness : quantification of a behavioral state. *Neurosci Biobehav Rev* 1987, **11** : 307-317
- CARSKADON MA, HARVEY K, DUKE P et coll. Pubertal change in daytime sleepiness. *Sleep* 1980, **2** : 453-460
- CARSKADON MA, VIERIRA C, ACEBO C. Association between puberty and delayed sleep preference. *Sleep* 1993, **16** : 258-262
- CARSKADON MA, ACEBO C, RICHARDSON GS, TATE BA, SEIFER R. An approach to studying circadian rhythms of adolescent humans. *J Biol Rhythms* 1997, **12** : 278-289

CARSKADON MA, WOLFSON AR, ACEBO C, TZISCHINSKY O, SEIFER R. Adolescent sleep patterns, circadian timing, and sleepiness at a transition to early school days. *Sleep* 1998, **21** : 871-881

CHALLAMEL MJ, REVOL M, BREMOND A, FARGIER P. Électroencéphalogramme foetal au cours du travail. Modifications physiologiques des états de vigilance. *Rev Fr Gynecol* 1975, **70** : 235-239

CHALLAMEL MJ. Development of sleep and wakefulness in human. In : *Handbook of human growth and developmental biology*. MEISAMI E, TIMIRAS PS, (eds). Boca : Raton. CRC Press I, 1988 : 269-284

CHALLAMEL MJ. Fonction du sommeil paradoxal et ontogenèse. *Neurophysiol Clin* 1992, **22** : 117-132

COBLE PA, KUPFER DJ, TASKA LS, KANE J. EEG sleep of normal healthy children Part I : Findings using standard measurement methods. *Sleep* 1984, **7** : 289-303

COBLE PA, KUPFER DJ, REYNOLDS CF, HOUCK P. Electroencephalographic sleep of healthy children. Part II : Findings using automated delta and REM sleep measurement methods. *Sleep* 1987, **6** : 551-562

COONS S. Development of sleep and wakefulness during the first 6 months of life in normal infants. In : *Sleep and its disorders in children*. GUILLEMINAULT C (ed). New York : Raven Press, 1987 : 17-27

CURZI-DASCALOVA L, FIGUEROA JM, EISELT M, CHRISTOVA E, VIRASSAMI A et coll. Sleep state organization in premature infants of less than 35 weeks' gestational age. *Pediatr Res* 1993, **34** : 624-628

CURZI-DASCALOVA L, PEIRANO P, MOREL-KAHN F, LEBRUN F. Developmental aspect of sleep in premature and full-term infants. In : *Neonatal brain and behaviour*. YABUUCHI H, WATANABE K, OKADA S (eds). Nagoya, The University of Nagoya Press, 1987 : 167-182

CURZI-DASCALOVA L, PEIRANO P, MOREL-KAHN F. Development of sleep states in normal premature and full-term newborns. *Develop Psychobiol* 1988, **21** : 431-444

CURZI-DASCALOVA L, PEIRANO P. Sleep states organisation in small-for-gestational-age human neonates. *Brain Dysfunc* 1989, **2** : 45-54

DREYFUS-BRISAC C. Ontogenesis of sleep in human prematures after 32 weeks of conceptional age. *Dev Psychobiol* 1970, **3** : 91-121

DUJARDIN K, GUERRIEN A, MANDAI O, SOCKEEL P, LECONTE P. Memory facilitation by auditory stimulation during paradoxal sleep in man. *C R Acad Sci III* 1988, **307** : 653-656

DUJARDIN K, GUERRIEN A, LECONTE P. Review : Sleep, brain activation and cognition. *Physiol Behav* 1990, **77** : 1271-1278

FAGIOLI I, SALZARULO P. Sleep states development in the first year of life assessed through 24-hour recordings. *Early Hum Dev* 1982, **6** : 215-228

FEINBERG I, KORSKO RL, HELLER N. EEG sleep pattern as a function of normal and pathological aging in man. *J Psychiat Rev* 1967, **5** : 107-144

FERBER R, BOYLE MP. Persistence of free-running sleep-wake rhythm in a one year old girl. *Sleep Res* 1983, **12** : 364

- FERBER R. *Solve your child's sleep problems*. New York : Simons & Schuster, 1985
- FISHBEIN W, GUTWEIN BM. Paradoxical sleep and memory storage process. *Behav Biol* 1977, **19**, 425-464.
- GLOTZBACH SF, DALE ME, BOEDDIKER M, ARIAGNO RL. Biological rhythmicity in normal infants during the first 3 months of life. *Pediatrics* 1994, **94** : 482-488
- GROOM LJ, SWIBER MJ, ATTERBURY JL, BENTZ LS, HOLLAND SB. Similarity and differences in behavioral state organization during sleep periods in perinatal infant before and after birth. *Child Dev* 1997, **68** : 1-11
- GRUBAR JC. Sleep and mental deficiency. *Rev EEG Neurophysiol* 1983, **13** : 107-114
- GRUBAR JC. Approche psychophysiologique du potentiel intellectuel. *Enfance* 1985, 85-90.
- GUERRIEN A. Sommeil paradoxal et processus de mémorisation chez l'homme. *Acta Psychiatr Belg* 1994, **94** : 75-87
- GUILLEMINAULT C, LEGER D, PELAYO R, GOULD S, HAYES B, MILES L. Development of circadian rhythmicity of temperature in full-term normal infants. *Neurophysiol Clin* 1996, **26** : 21-29
- GUILLEMINAULT C, SOUQUET M. Sleep states and related pathology. In : *Advance in perinatal neurology*. KOROBKIN R, GUILLEMINAULT C (eds), New York, SP Medical and Scientific Books, 1979 : 225-247
- HELLBRUGGE T. The development of circadian and ultradian rhythms of premature and full-term infants. In : *Chronobiology*. SCHEVING LE, HALBERG F, PAULY JE (eds), G Stuttgart, Thieme, 1974 : 339-341
- HOPPENBROUWERS T, UGARTECHEA JC, COMBS D, HODGMAN JE, HARPER RM, STERMAN MB. Studies of maternal-fetal interaction during the last trimester of pregnancy : ontogenesis of the basic rest-activity cycle. *Exp Neurol* 1978, **61** : 136-153
- KAHN E, FISHER C, EDWARDS A, DAVIS DM. 24 hours sleep patterns : a comparison between 2 to 3 years old and 4 to 6 years old children. *Arch Gen Psychiatr* 1973, **29** : 380-385
- KLACKENBERG G. Sleep behaviour studied longitudinally. *Acta Paediatr Scand* 1982, **71** : 501-506
- KLEITMAN N, ENGELMANN TG. Sleep characteristics of infants. *J Appl Physiol* 1953, **6** : 269-282
- KOCH P, SOUSSIGNAN R, MONTAGNER H. New data on the sleep-wake rhythm of children aged from 2 1/2 to 4 years. *Acta Paediatrica Scand* 1984, **73** : 667-673
- KOHLER WC, DEAN CODDINGTON R, AGNEW HW. Sleep patterns in 2 years old children. *J Pediatr* 1968, **72** : 228-233
- LABYAK SE, ACEBO C, CARSKADON MA. Circadian phase of core body temperature minimum in adolescents. *Sleep* 1998, **21** : 203
- LECONTE P. Sommeil et mémoire perspective chronobiologique. In : *Actualité de pharmacologie clinique*. MEYER P, ELGHOZI JL, QUERA SALVA A eds. Masson, Paris, 1990 : 106-116

- LECONTE-LAMBERT C. Des rythmes scolaires à la chronopsychologie de l'éducation : quel intérêt pour les apprentissages à l'école ? In : *Santé et apprentissages*. La Documentation française, Paris, 1994
- LODEMORE M, PETERSEN SA, WAILOO MP. Development of nighttime temperature rhythms over the first 6 months of life. *Arch Dis Child* 1991, **66** : 521-524
- LÖHR B, SIEGMUND R. Ultradian and circadian rhythms of sleep-wake and food-intake behavior during early infancy. *Chronobiol Int* 1999, **16** : 129-148
- LOUIS J, CANNARD C, BASTUJI H, CHALLAMEL MJ. Sleep ontogenesis revisited : a longitudinal 24-h home polygraphic study on 15 normal infants during the first two years of life. *Sleep* 1997, **20** : 323-333
- LOUIS J, ZHANG JX, REVOL M, DEBILLY G, CHALLAMEL MJ. Ontogenesis of nocturnal organization of sleep spindles : a longitudinal study during the first 6 months of life. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1992, **83** : 289-296
- LOUIS J. Maturation du sommeil pendant les deux premières années de vie : aspects quantitatifs, structurel et circadien. *Neurophysiol Clin* 1998, **28** : 477-491
- MANDAI O, GUERRIEN A, SOCKEEL P, DUJARDIN K, LECONTE P. REM sleep modifications following a morse code learning session in humans. *Physiol Behav* 1989, **77** : 639-642
- MARTIN DU PAN R. Some clinical applications of our knowledge of the evolution of the circadian rhythm in infants. In : *Chronobiology*. SCHEWING LF, HALBERG DE, PAULY JE (eds)., Stuttgart, Thieme, 1974 : 342-347
- MCGRAW K, HOFFMANN R, HARKER C, HERMAN JH. The development of circadian rhythms in a human infant. *Sleep* 1999, **22** : 303-310
- MCMILLEN IC, KOK JS, ADAMSON TM, DEAYTON JM, NOWAK R. Development of circadian sleep-wake rhythms in preterm and full term infants. *Ped Res* 1991, **29** : 381-384
- MEIER-KOLL A, HALL U, HELLWIG U, KOTT G, MEIER-KOLL VA. Biological oscillator system and development of sleep-waking behavior during early infancy. *Chronobiologia* 1978, **5** : 425-440
- MIRMIRAN M, KOK JH, DE KLEINE MJK, KOPPE, JG, OVERDIJK J, WITTING W. Circadian rhythms in preterm infants : a preliminary study. *Early Hum Dev* 1990, **23** : 139-146
- MONOD N, CURZI-DASCALOVA L. Les états transitionnels de sommeil chez le nouveau-né à terme. *Rev EEG Neurophysiol* 1973, **3** : 87-96
- MONOD N, DREYFUS-BRISAC C, MOREL-KAHN F, PAJOT N. Les premières étapes de l'organisation du sommeil chez le prématuré et le nouveau-né à terme. *Rev Neurol* 1964, **110** : 304-305
- MOORE T, UCKO LE. Night waking in early infancy. *Arch Dis Childhood* 1957, **32** : 333-342
- NAVELET Y, BENOIT O, BOUARD G. Nocturnal sleep organization during the first months of life. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1982, **54** : 71-78
- NAVELET Y, D'ALLEST AM. Organisation du sommeil au cours de la croissance. In : *Pathologie respiratoire du sommeil du nourrisson et de l'enfant*. GAULTIER C ed. Vigot, Paris, 1989 : 23-32
- NESCA M, KOULACK D. Recognition memory, sleep and circadian rhythms. *Canadian J Experimental Psychol* 1994, **48** : 359-379.

- OKAI T, KOZUMA S, SHINOZUKA N, KUWABARA Y, MIZUNO M. A study on the development of sleep-wakefulness cycle in the human fetus. *Early Hum Dev* 1992, **29** : 391-396
- OTTAVIANO F, GIANNOTTI F, CORTESI O, BRUNI O, OTTAVIANO C. Sleep characteristics in healthy children from birth to 6 years of age in the urban area of Rome. *Sleep* 1996, **19** : 1-3
- PALM L, PERSSON E, ELMQVIST D, BLENNOW G. Sleep and wakefulness in normal preadolescent children. *Sleep* 1989, **12** : 299-308.
- PARMELEE AH, WENNER WH, AKIYAMA Y, SCHULTZ M, STERN E. Sleep states in premature infants. *Dev Med Child Neurol* 1967, **9** : 70-77
- PARMELEE AH, WENNER WH, SCHULZ HR. Infant sleep patterns : from birth to 16 weeks of age. *J Pediatrics* 1964, **65** : 576-582
- PATOIS E, VALATX JL, ALPEROVITCH A. Prevalence des troubles du sommeil et de la vigilance chez les lycéens de l'académie de Lyon. *Rev Épidémiol Santé Publ* 1993, **41** : 383-388
- PRECHTL HFR, AKIYAMA Y, ZINKIN P, GRANT DT. Polygraphic studies in the full-term newborns : I Technical aspects and qualitative analysis. In : *Studies in infancy*. BAX M, MACKEITH TC eds. *Clinic in developmental medicine* 1968, **27** : 1-21
- PRECHTL HFR. Assessment of fetal neurological function and development. In : *Fetal and neonatal neurology and neurosurgery*. LEVENE MI, BENNETT MJ, JONATHAN P (eds). Edinburgh, London : Churchill Livingstone, 1988 : 35-40
- PROSOM. Association nationale de promotion des connaissances sur le sommeil.
- RANDAZZO AC, MUEHLBACH MJ, SCHWEITZER PK, WALSH JK. Cognitive function following acute sleep restriction in children ages 10-14. *Sleep* 1998, **21** : 861-868
- ROFFWARG HP, DEMENT W, FISHER C. Preliminary observation of the sleep dream pattern in neonates, infants, and adults. In : *Monographs on child psychiatry*. HORMES E (ed). New York, Pergamon Press, 1964, 60-72
- SADEH A, LAVIE P, SCHER A, TIROSH E, EPSTEIN R. Actigraphic home monitoring in sleep disturbed and control infants and young children : a new method for pediatric assessment of sleep wake patterns. *Pediatrics* 1991, **87** : 494-499
- SADEH A. Sleep and melatonin in infants : a preliminary study. *Sleep* 1997, **20** : 185-191
- SALZARULO P. Sleep patterns in infants under continuous feeding from birth. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1980, **49** : 330-336
- SHIMADA M, TAKAHASHI K, SEGAWA M, HIGURASHI M, SAMEJIM M, HORIUCHI K. Emerging and entraining patterns of the sleep-wake rhythm in preterm and term infants. *Brain Dev* 1999, **21** : 468-473
- SMITH C. Sleep states and learning ; a review of the animal literature. *Neurosci Behav Rev* 1985, **9** : 157-158
- SMITH C. Sleep and memory processes. *Behav Brain Res* 1995, **69** : 137-145
- SMITH C, LAPP L. Increases in number of REMs and REM density in humans following an intensive learning period. *Sleep* 1991, **14** : 325-330

- SPANGLER G. The emergence of adrenocortical circadian function in newborns and infants and its relationship to sleep feeding and maternal adrenocortical activity. *Early Hum Dev* 1991, **25** : 197-208
- STRAUCH I, MEIR B. Sleep need in adolescents : A longitudinal approach. *Sleep* 1988, **11** : 378-386
- TOMIOKA K, TOMIOKA F. Development of circadian sleep wakefulness rhythmicity of three infants. *J Interdiscipl Cycle Res* 1991, **22** : 71-80
- VERLANDER LA, BENEDICT JO, HANSON DP. Stress and sleep patterns of college students. *Percept Mot Skills* 1999, **88** : 893-898
- VISSER GHA, POELMANN-WEESIES G, COHEN TMN, BEKEDAM DJ. Fetal behavior at 30-32 weeks of gestation. *Pediatr Res* 1987, **22** : 655-658
- WALSH JK, HARTMAN, PG, SCHWEITZER PK. Slow-wave sleep deprivation and waking function. *J Sleep Res* 1994, **3** : 16-25
- WEINERT D, SITKA U, MINORS DS, WATERHOUSE JM. The development of circadian rhythmicity in neonates. *Early Hum Dev* 1994, **36** : 117-126
- WEISSBLUTH M. Naps in children : 6 month-7 years. *Sleep* 1995, **18** : 82-87
- WOLFF P, FERBER R. The development of behaviour in human infants, premature and newborn. *Ann Rev Neurosci* 1979, **2** : 291-307
- WOLFSON AR, CARSKADON MA. Sleep schedules and daytime functioning in adolescents. *Child Development* 1998, **69** : 875-887