



*Congrès / Le sommeil à travers les âges,
aide à la bonne pratique*
Samedi 23 septembre 2023
CFR BOUGE - NAMUR

www.SLEEPonline.be

Le sommeil chez l'adolescent

Mélanie Strauss, MD, PhD

Hôpital Universitaire de Bruxelles, Hôpital Erasme, Belgique
Neuropsychology and Functional Neuroimaging Research Group (*UR2NF*), Université Libre de Bruxelles

Les enjeux du sommeil chez l'adolescent

L'insuffisance de sommeil chez les adolescents, un problème majeur de santé publique

Elle affecte la santé, la sécurité, et le succès académique des écoliers et étudiants

Physical health and safety

Increased obesity risk

Metabolic dysfunction (hypercholesterolemia, type 2 diabetes mellitus)

Increased cardiovascular morbidity (hypertension, increased risk of stroke)

Increased rates of motor vehicle crashes ("drowsy driving")

Higher rates of caffeine consumption; increased risk of toxicity/overdose

Nonmedical use of stimulant medications; diversion

Lower levels of physical activity

Mental health and behavior

Increased risk for anxiety, depression, suicidal ideation

Poor impulse control and self-regulation; increased risk-taking behaviors

Emotional dysregulation; decreased positive affect

Impaired interpretation of social/emotional cues in self and others

Decreased motivation

Increased vulnerability to stress

Academics and school performance

Cognitive deficits, especially with more complex tasks

Impairments in executive function (working memory, organization, time management, sustained effort)

Impairments in attention and memory

Deficits in abstract thinking, verbal creativity

Decreased performance efficiency and output

Lower academic achievement

Poor school attendance

Increased dropout rates

Le sommeil chez l'adolescent

I. Physiologie

Sommeil, développement cérébral et puberté

II. Cognition

1. Le sommeil garant d'un bon fonctionnement cognitif et émotionnel à l'éveil
2. Le sommeil pour intégrer et consolider les apprentissages passés

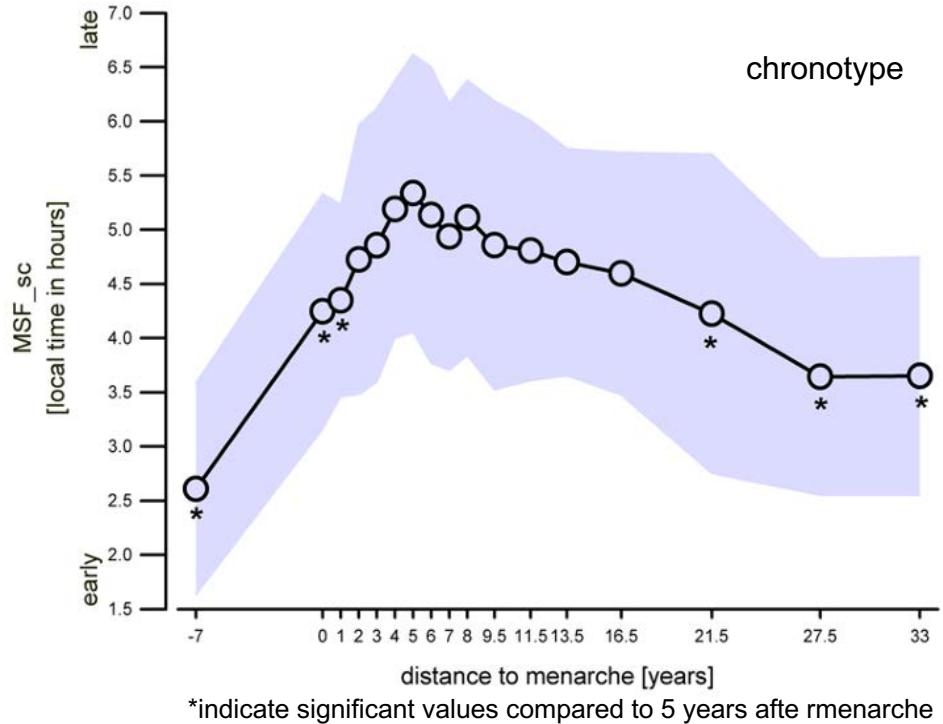
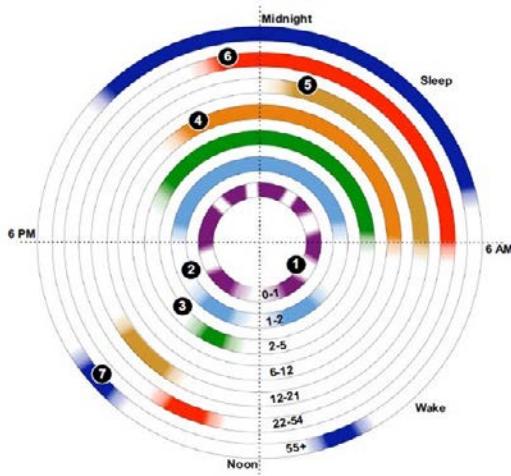
III. Santé mentale et comportements à risque

IV. Les Recommandations

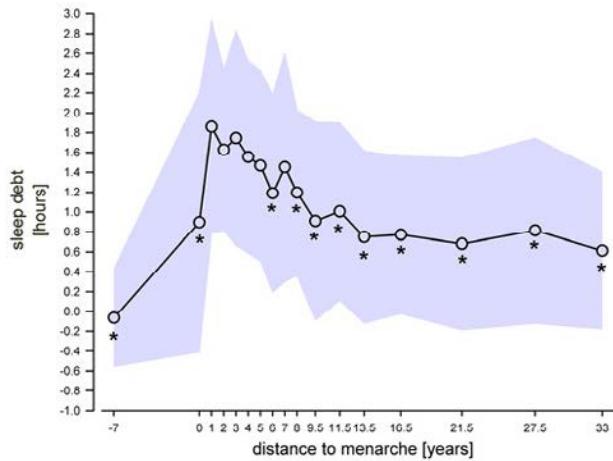
I. Physiologie

Changements circadiens

Décalage de phase progressif jusqu'à 5 ans après le début de la puberté

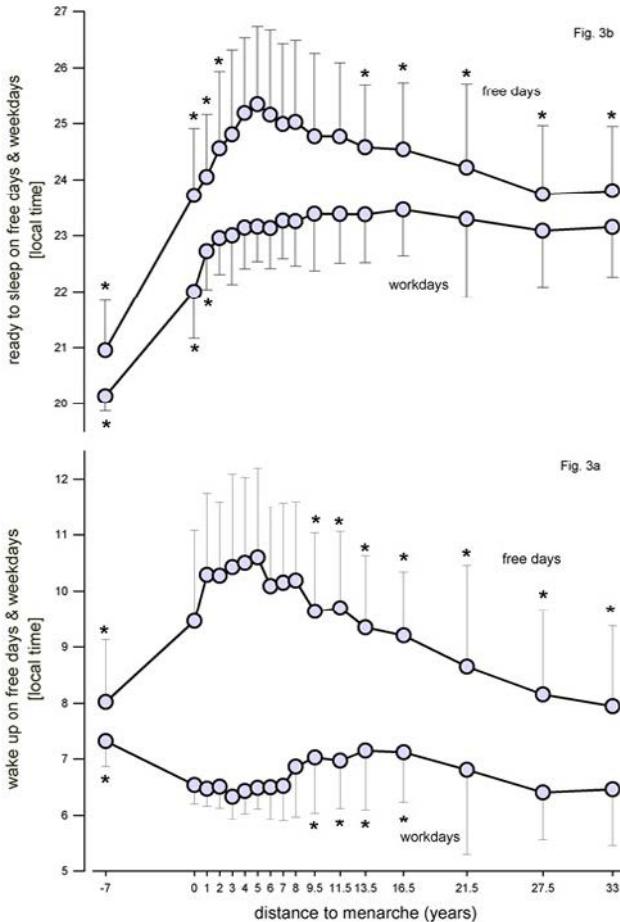


Dette de sommeil



Les heures de coucher sont plus tardives alors que les heures de lever sont les mêmes voire plus matinales

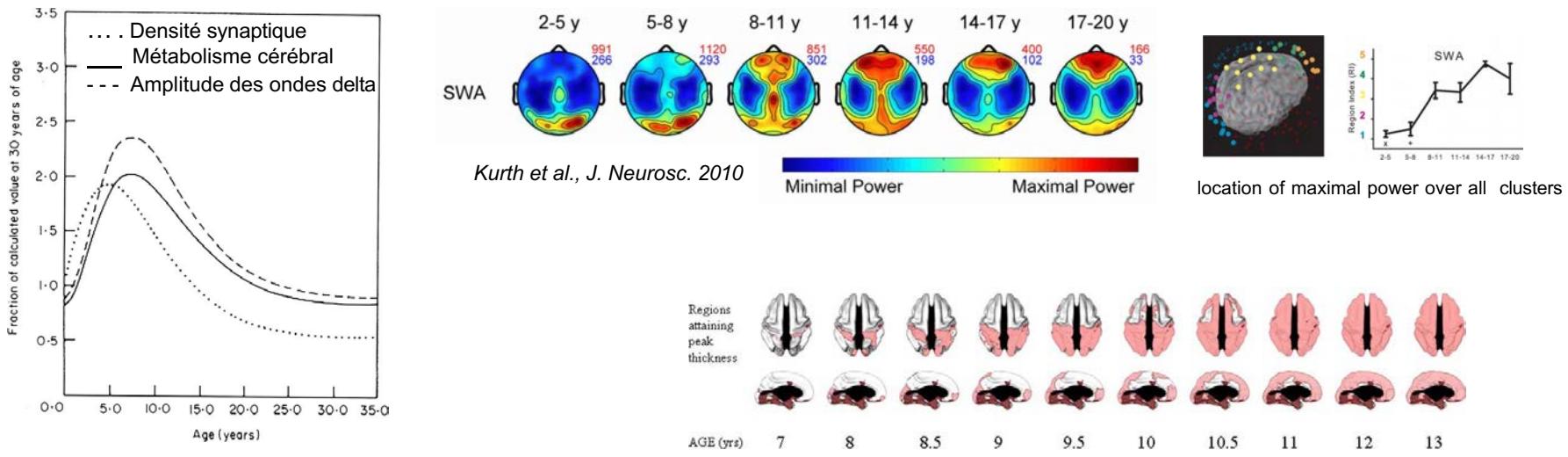
Les besoins de sommeil sont toujours importants de 10-18 ans:
9h30 en moyenne



Sommeil et développement cérébral

Décours temporel similaire entre l'évolution de l'activité à ondes lentes du sommeil (SWA) et de la densité synaptique cérébrale à travers les âges.

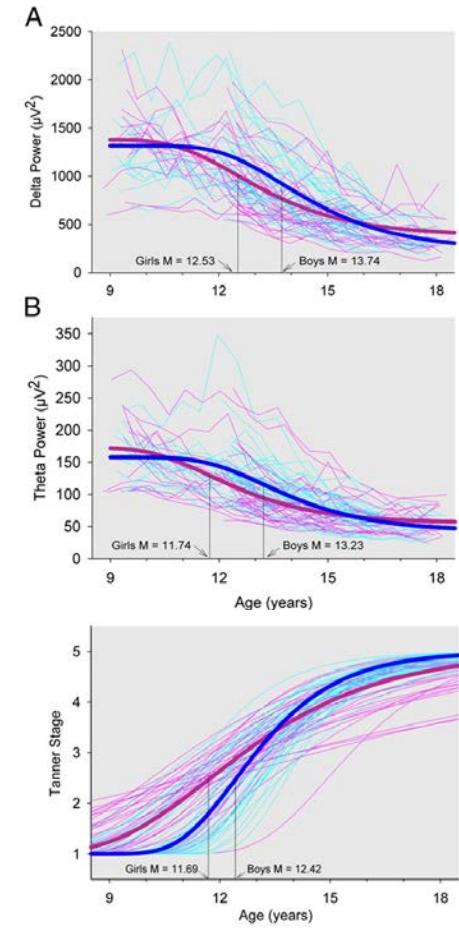
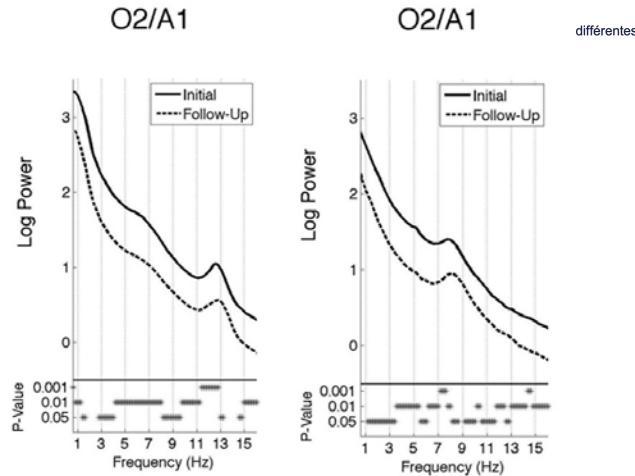
Les deux présentent un pic avant l'adolescence et évoluent selon un axe antéro-postérieur.



Les modifications électrophysiologiques

Diminution de la puissance des ondes lentes (et du theta) dans le sommeil lié à la puberté chez l'adolescent (filles < garçons)

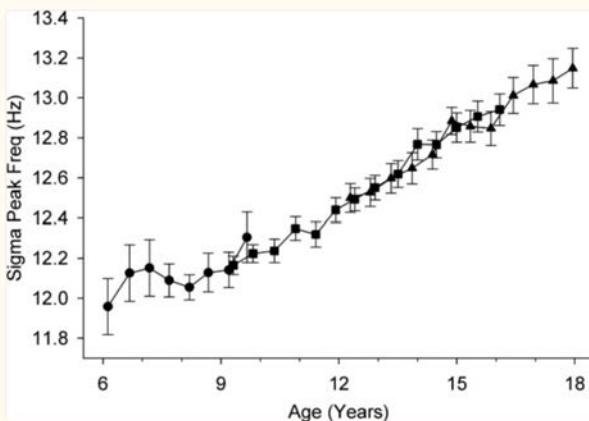
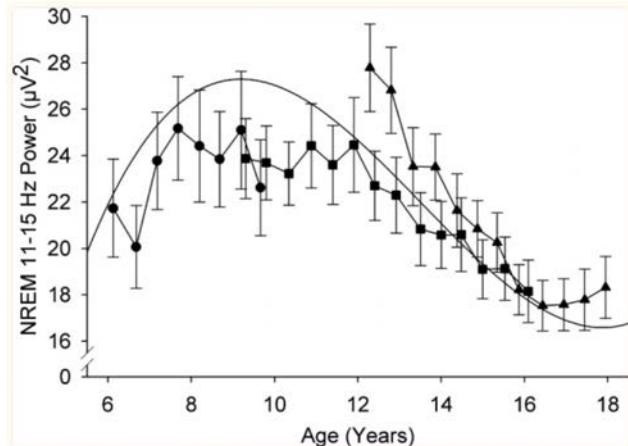
Reduction de la puissance des fréquences EEG jusqu'à 40% de la pré à post-puberté



Les modifications électrophysiologiques

La fréquence des fuseaux de sommeil augmente de façon linéaire au cours de l'adolescence

Cette augmentation de la fréquence des fuseaux pourrait refléter la myélinisation corticale (Tarakh et al. J Neurosci. 2011).



Le rôle actif du sommeil dans le développement cérébral

Une plus importante variabilité des durées de sommeil (au cours de 14 jours) est associée à une moindre intégrité de la substance blanche

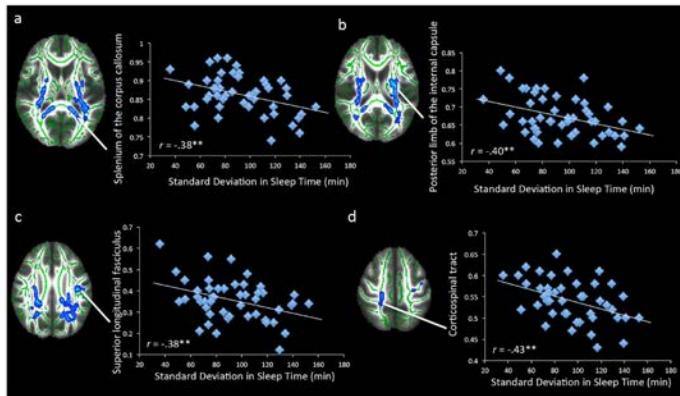
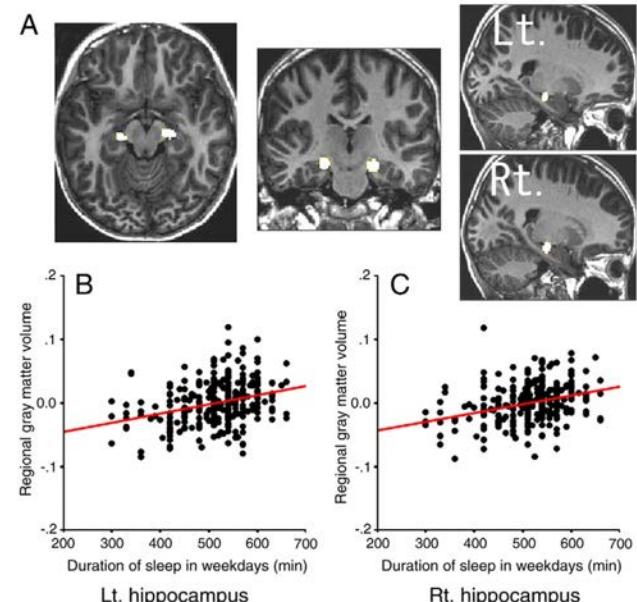


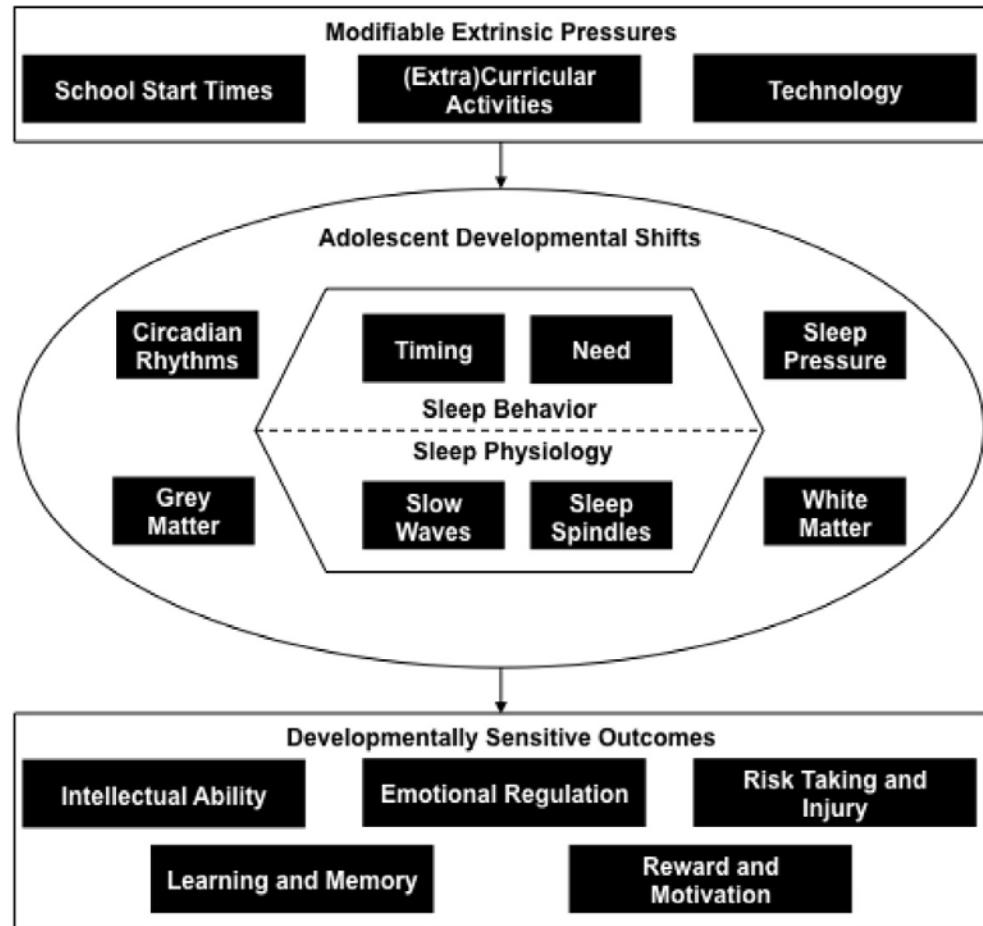
Fig. 2. Significant correlations between FA and sleep variability at wave 1. Scatterplots showing a visual depiction of the relation between sleep variability at wave 1 and FA in the (a) splenium of the corpus callosum, (b) posterior limb of the internal capsule, (c) superior longitudinal fasciculus, and (d) corticospinal tract. $^{**}p < .005$. Note: Right = left.

La durée de sommeil (rapportée) est corrélée au volume de substance grise dans les hippocampes



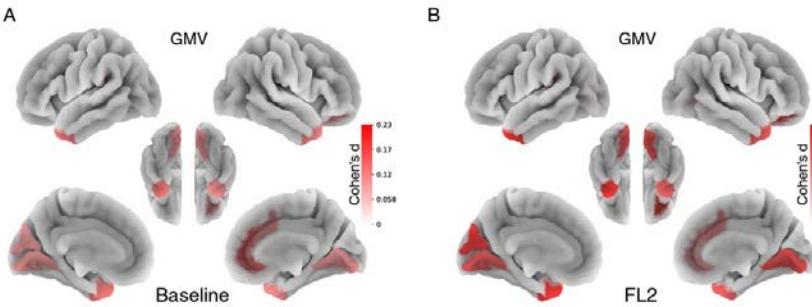
Les conséquences d'un sommeil inadéquat

- Fonctions cognitives
- Mémoire et apprentissages
- Santé mentale et comportements à risque

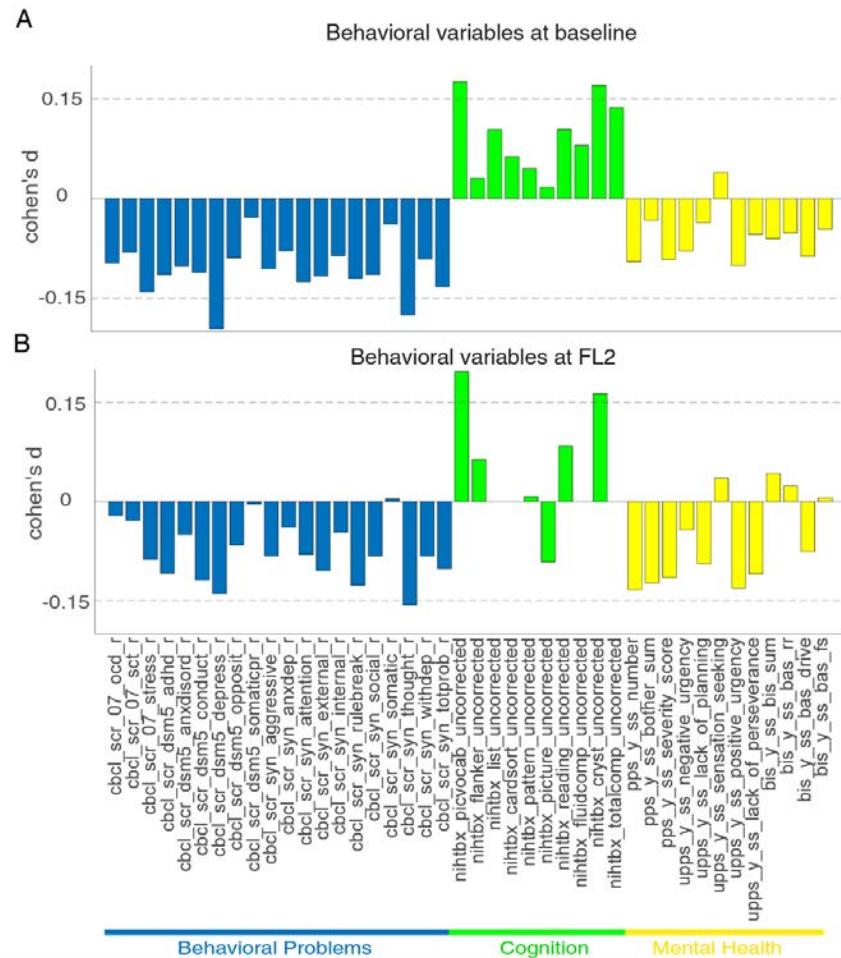


Les conséquences d'un sommeil inadéquat

Liens entre insuffisance de sommeil (<9h), structure (lobe temporal antérieur) et connectivité cérébrale (connexions cortico-striées), et troubles cognitifs et de l'humeur

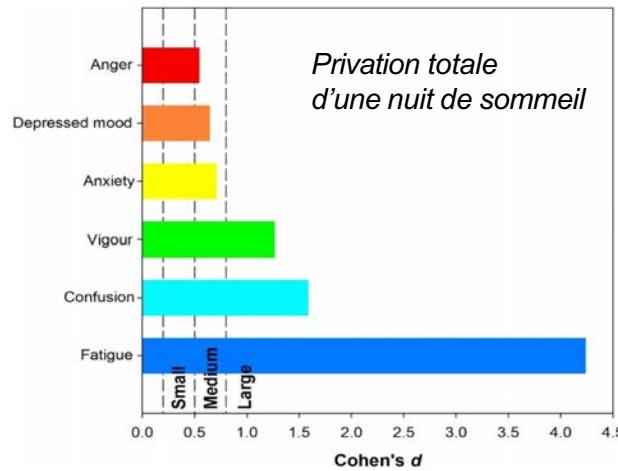
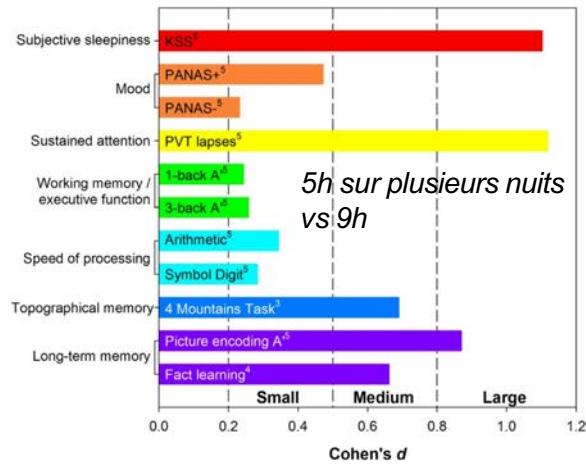


Population de 9-10 ans, suivi longitudinal sur 2 ans (N= 8,323)



La restriction de sommeil

L'insuffisance de sommeil chez les adolescents, un problème majeur de santé publique (décalage de phase, écrans, rythmes scolaires, ...)



Taille de l'effet de la restriction de sommeil sur les différents domaines cognitifs chez l'adolescent

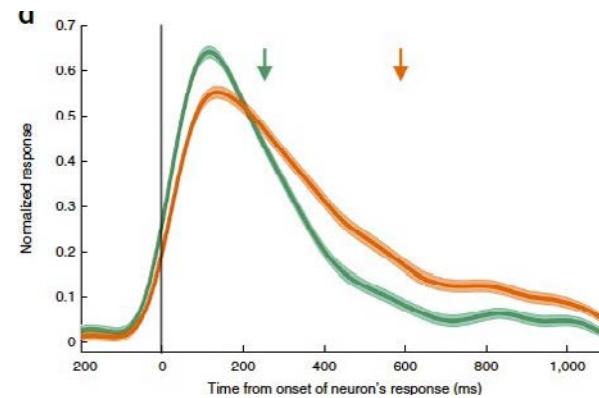
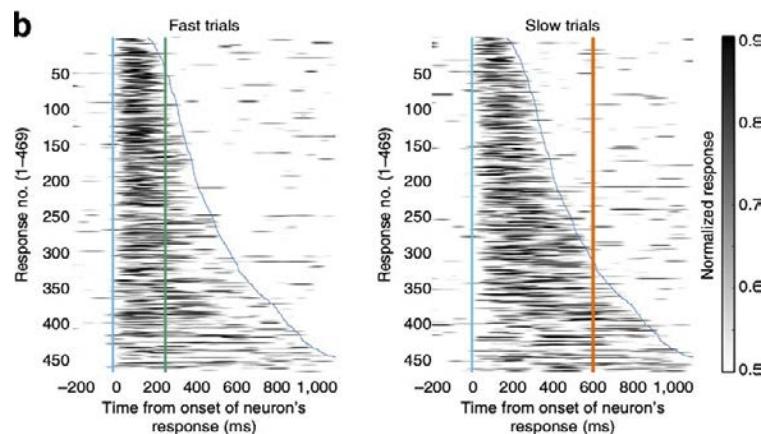
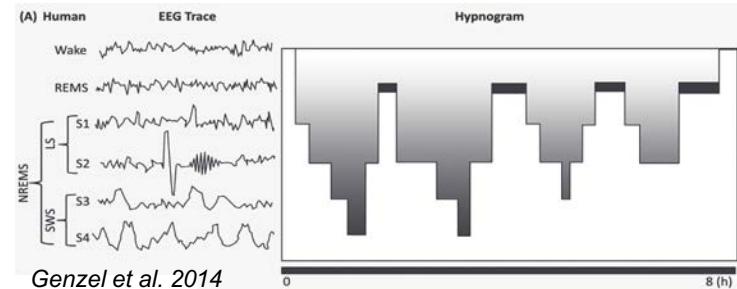
II. Cognition

Sommeil et Cognition

Les principaux mécanismes

- Bon fonctionnement neuronal

Altération du fonctionnement des neurones en privation de sommeil

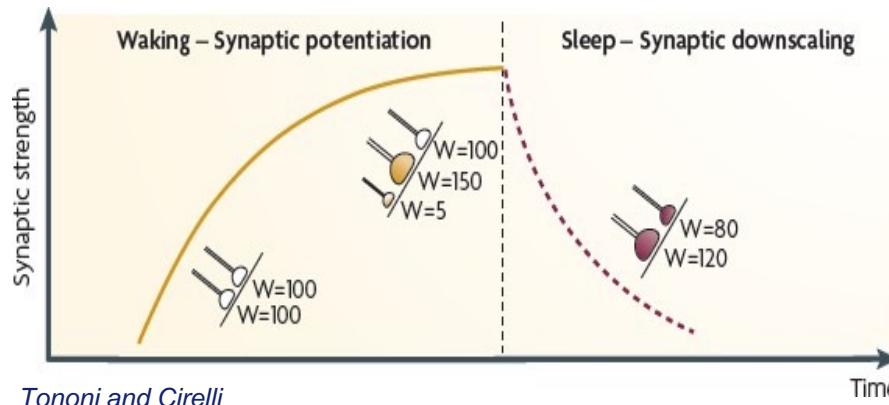
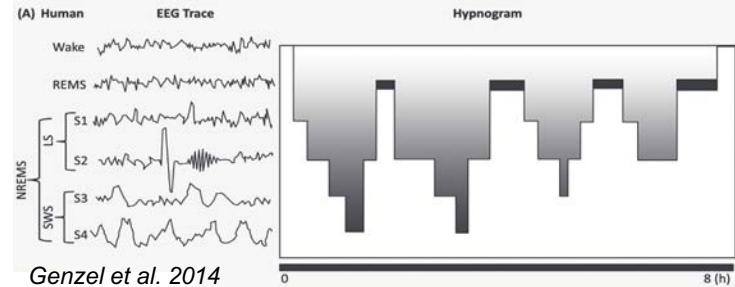


Sommeil et Cognition

Les principaux mécanismes

- Bon fonctionnement neuronal
- Plasticité synaptique

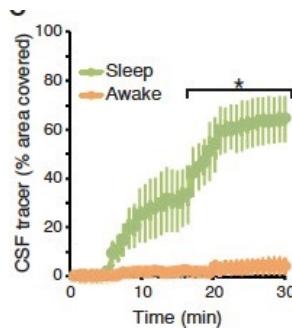
Elimination, stabilisation, ou renforcement synaptique



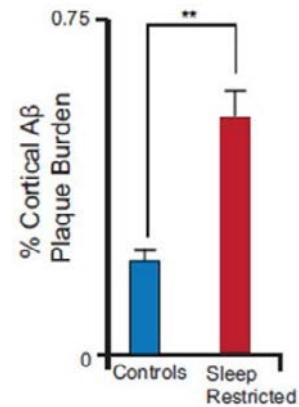
Sommeil et Cognition

Les principaux mécanismes

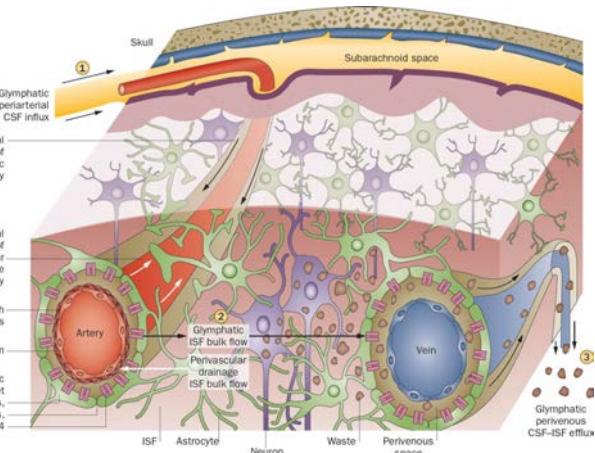
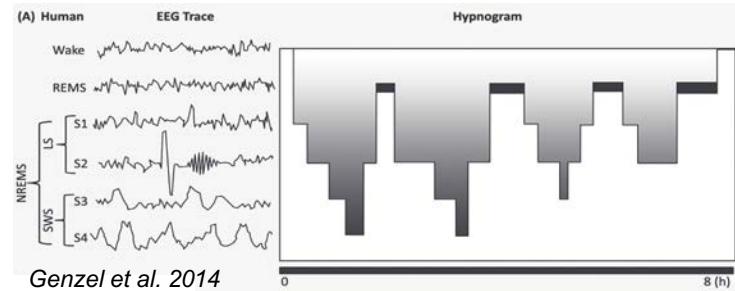
- Bon fonctionnement neuronal
- Plasticité synaptique
- Elimination des toxines



Xie et al. 2013



Kang et al. 2009



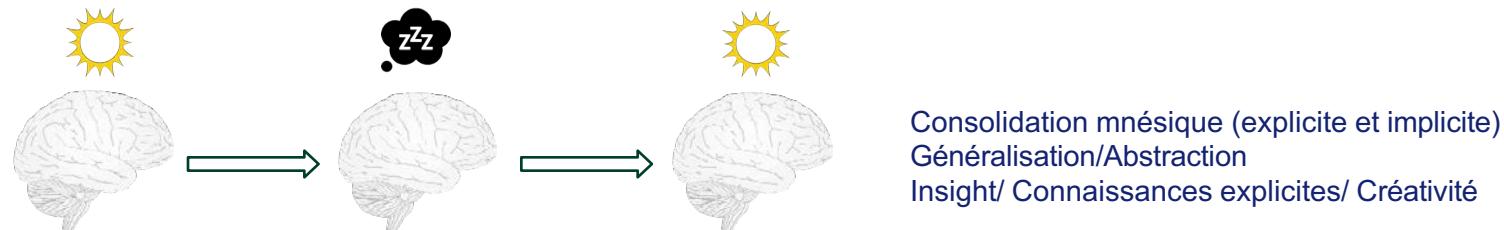
Tarasoff-Conway 2015

Sommeil et Cognition

1. Le sommeil garant d'un bon fonctionnement cognitif et émotionnel à l'éveil



2. Le sommeil pour intégrer et consolider les apprentissages passés

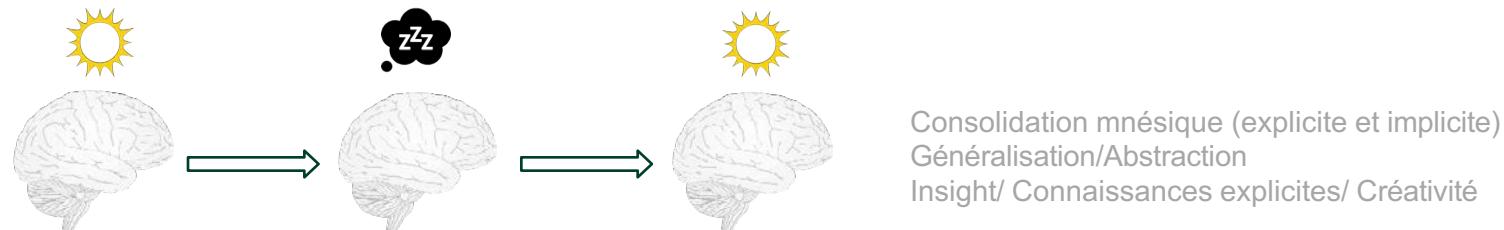


Sommeil et Cognition

1. Le sommeil garant d'un bon fonctionnement cognitif et émotionnel à l'éveil

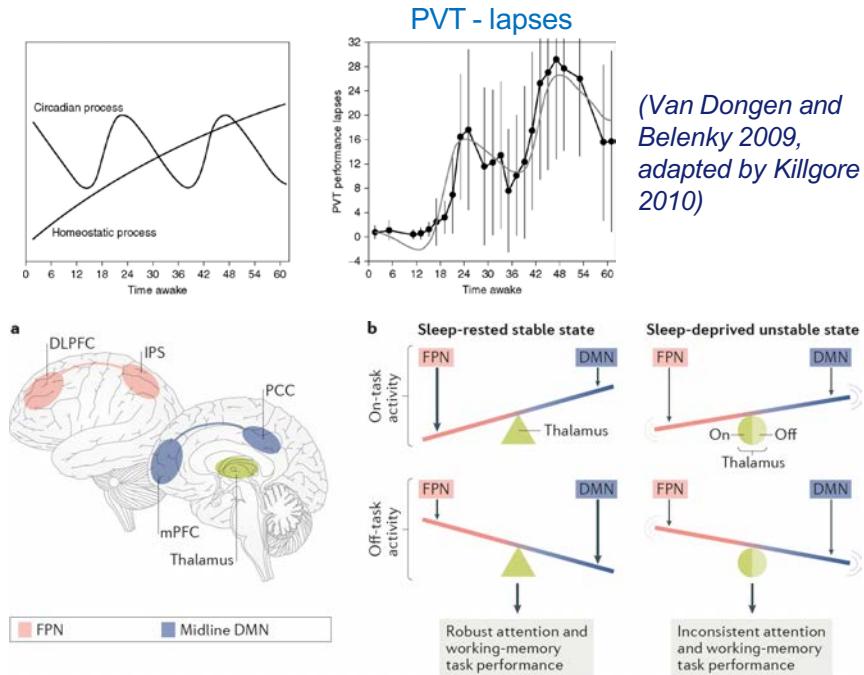


2. Le sommeil pour intégrer et consolider les apprentissages passés



Attention / Mémoire de travail

- Influence des pression circadienne et homéostatique sur les tâches attentionnelles (PVT) (Killgore 2006)
- L'altération des performances attentionnelles et en mémoire de travail est associée à un déséquilibre entre l'activité des réseaux fronto-pariétaux et du réseau 'par défaut'



Krause et al. 2017

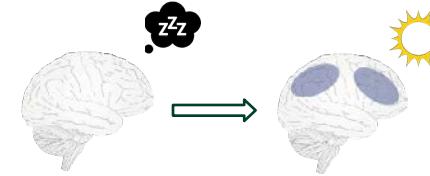
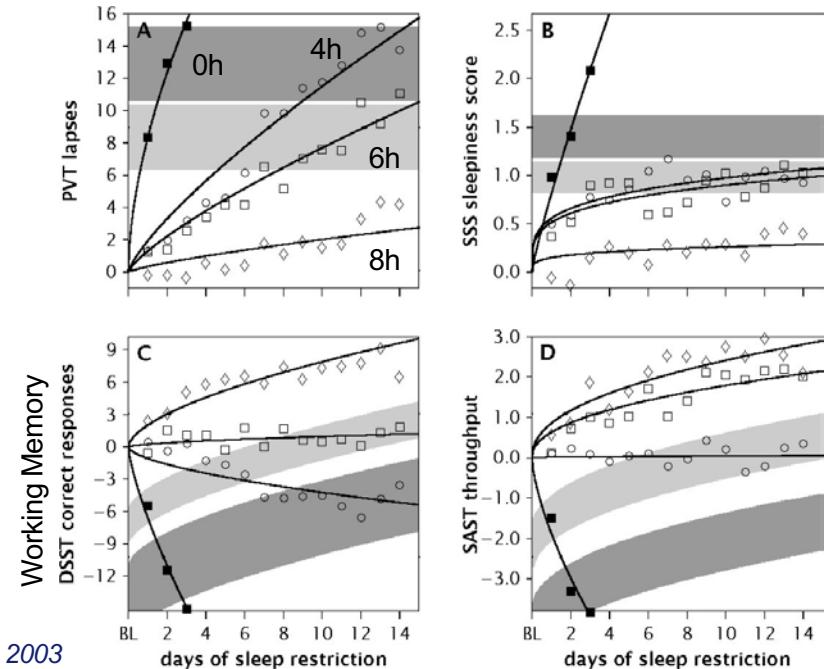
Attention / Mémoire de travail

Restriction vs dette de sommeil

La restriction chronique de sommeil de 6h ou moins par nuit engendre des déficits attentionnels (PVT) équivalents à ceux engendrés après 1 ou 2 nuits de privation totale de sommeil

– mais les participants en restriction ne ressentent pas la somnolence comme ceux en privation

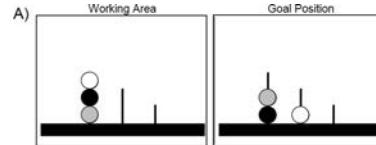
Van Dongen et al. Sleep 2003



Fonctions Exécutives

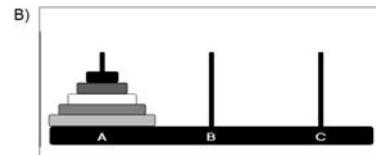
- Organisation/planification
(Killgore et al., 2009)

Tour de Londres



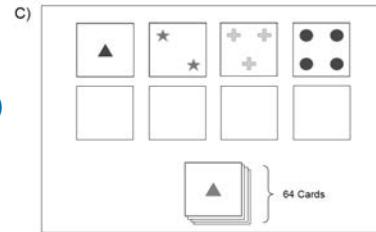
- Inhibition (go/no go)
(Drummond et al., 2006)

Tour de Hanoi

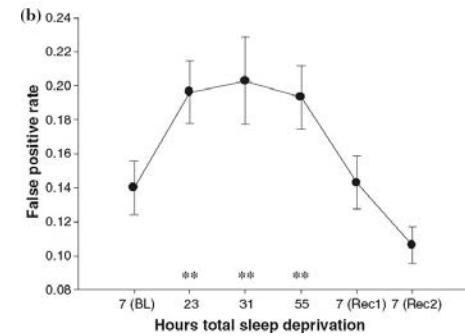
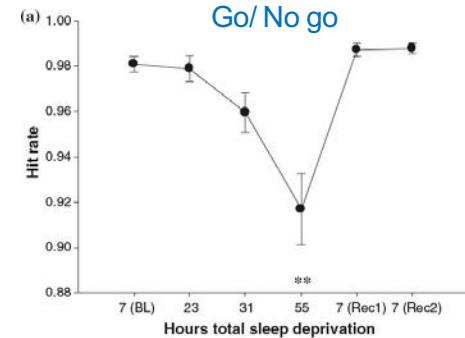
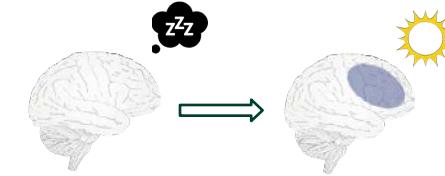


- Flexibilité mentale
(Harrison and Horne, 1999;
Couyoumdjian et al 2010)

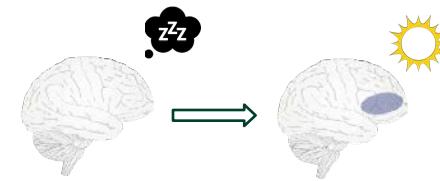
Test de tri de cartes
de Wisconsin (WCST)



Killgore et al., sleep 2009



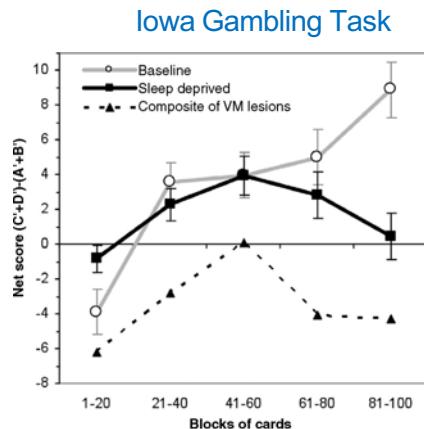
Drummond et al., J. Sleep Res. 2006



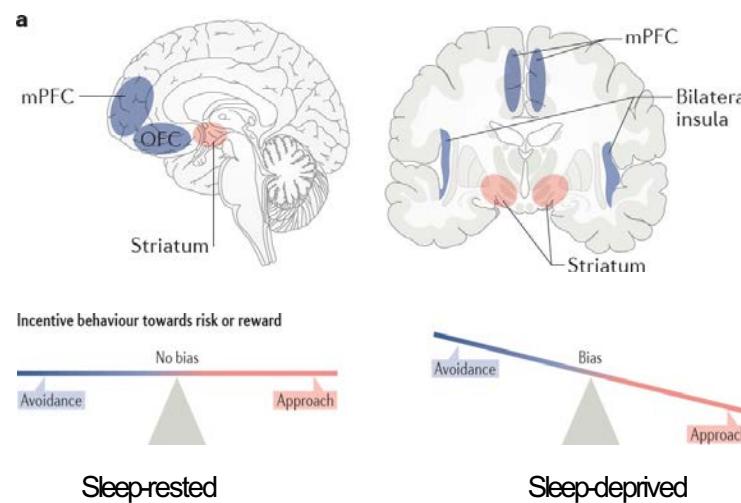
Jugement / Décision / Motivation

- Mauvaise représentation/ évaluation de la valeur de la récompense
- Biais vers des choix plus risqués
- Recherche de sensations

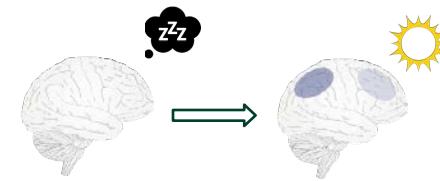
(Harrison & Horne 2000, Killgore et al., 2006)



Killgore et al., 2006



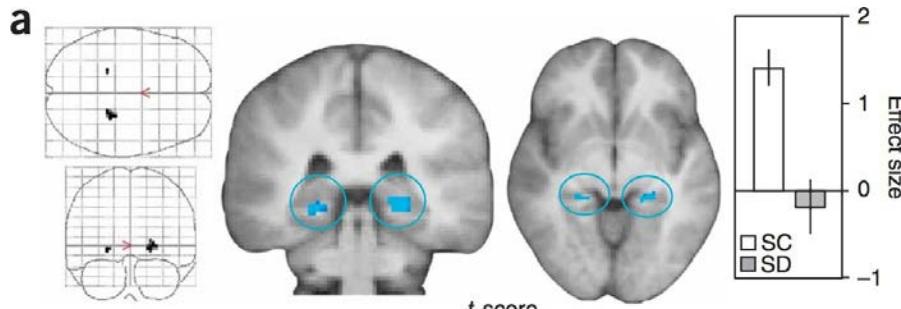
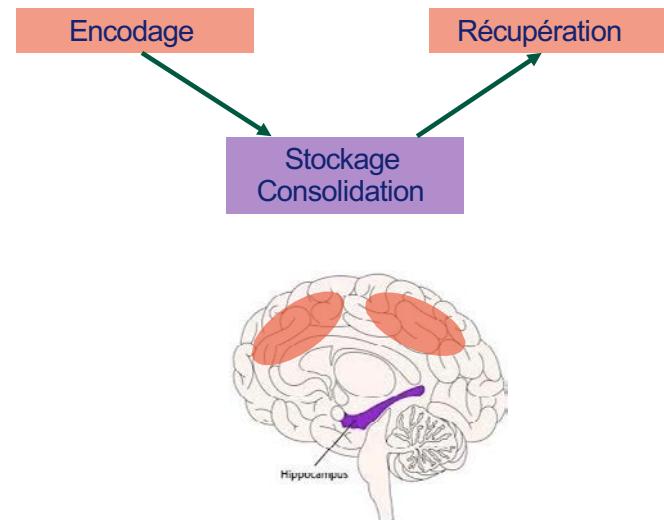
Krause et al., 2017



Mémoire: encodage et récupération

La privation de sommeil altère les capacités d'encodage et de récupération en mémoire.

Elle est associée à un déficit de connectivité entre l'hippocampe est les régions corticales. (Drummond et al., 2000; Yoo et al., 2007; Van Der Werf, 2009; Antonenko et al., 2013)



Moindre activité de l'hippocampe à l'encodage chez les sujets en privation de sommeil

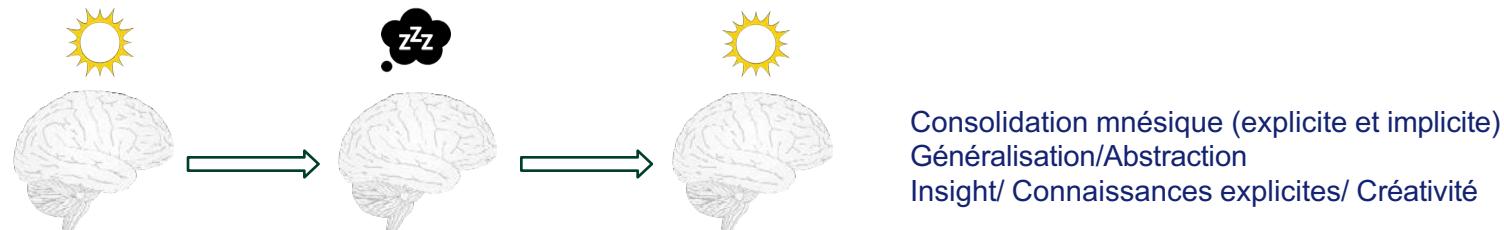
(Yoo et al. 2007)

Sommeil et Cognition

1. Le sommeil garant d'un bon fonctionnement cognitif à l'éveil



2. Le sommeil pour intégrer et consolider les apprentissages passés

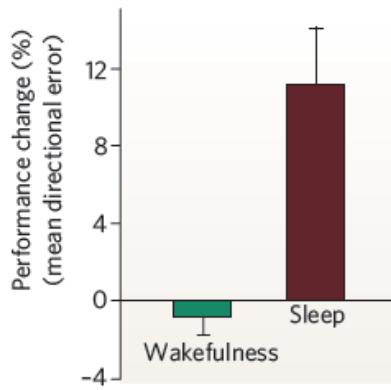


Consolidation de la mémoire

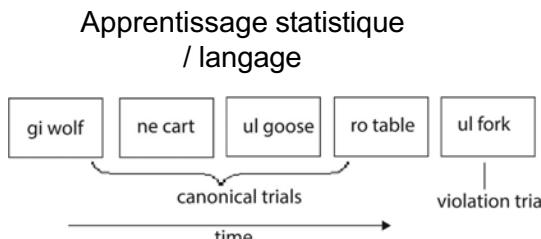
Consolidation des apprentissages après sommeil: la mémorisation (explicite ou implicite) est meilleure après sommeil qu'après une période de veille

Motor adaption learning task

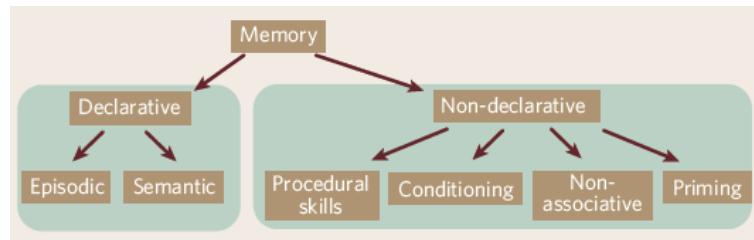
g Sleep versus wake



Stickgold, 2005



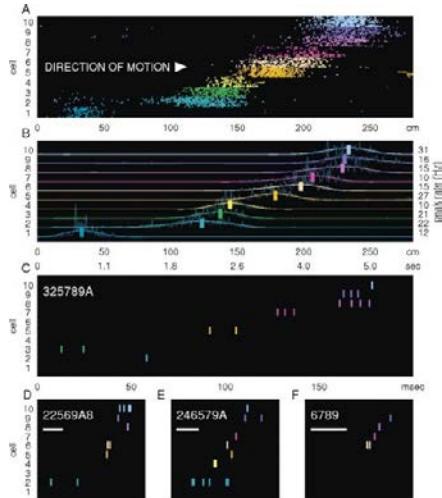
Batterink et al. 2014



Consolidation de la mémoire

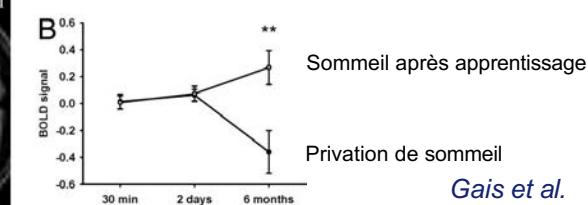
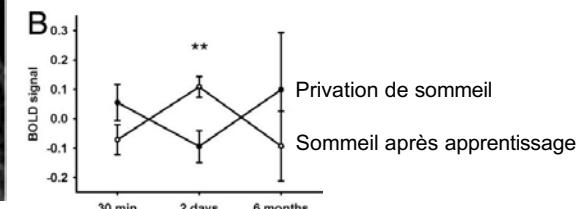
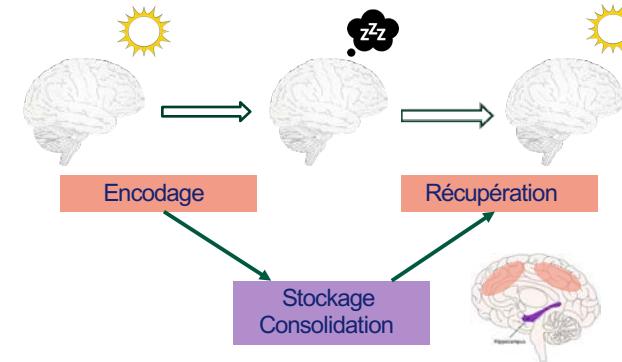
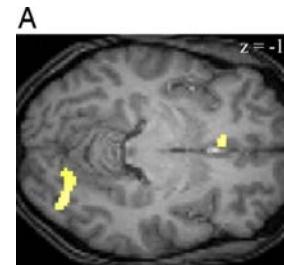
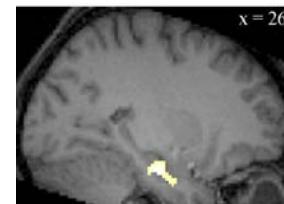
Réactivation hippocampique et consolidation à long terme des traces mnésiques au niveau cortical

Réactivation hippocampique pendant le sommeil
(Busaki 1989, Lee and Wilson 2002)



Lee and
Wilson, 2002

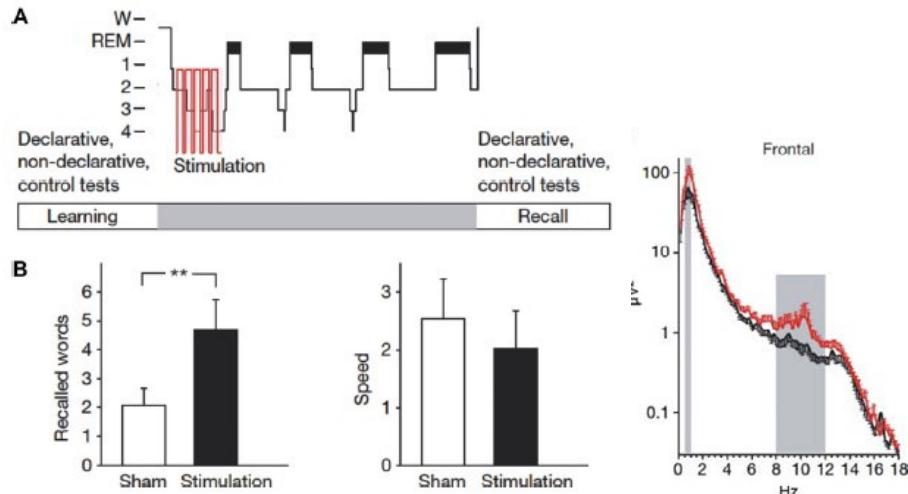
Consolidation à long terme
des traces mnésiques



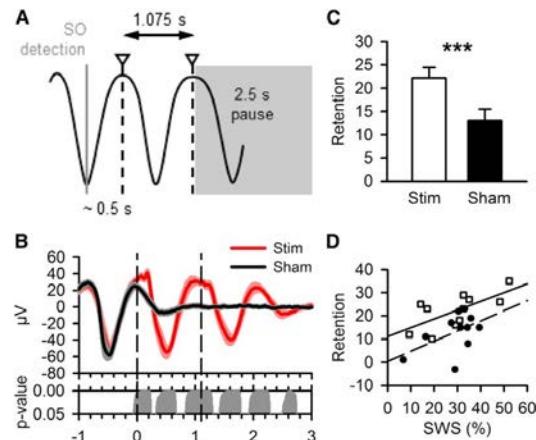
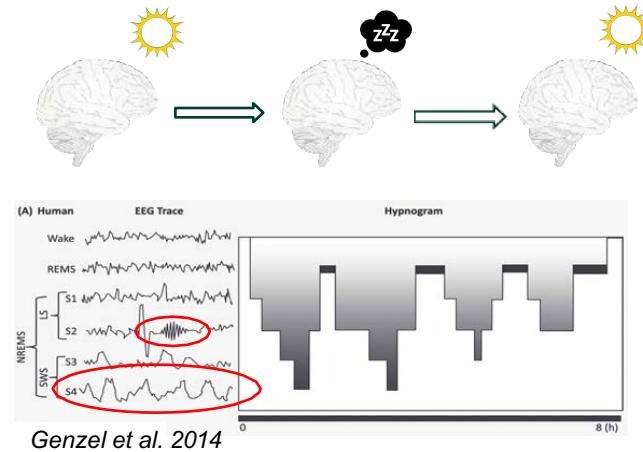
Gais et al.
2007

Consolidation de la mémoire

Lien causal entre ondes lentes, fuseaux de sommeil et consolidation mnésique



Marshall et al., 2006

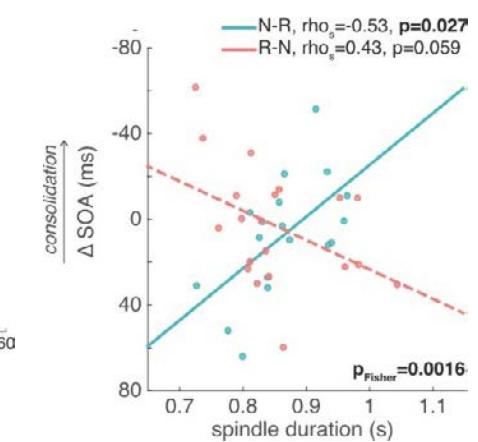
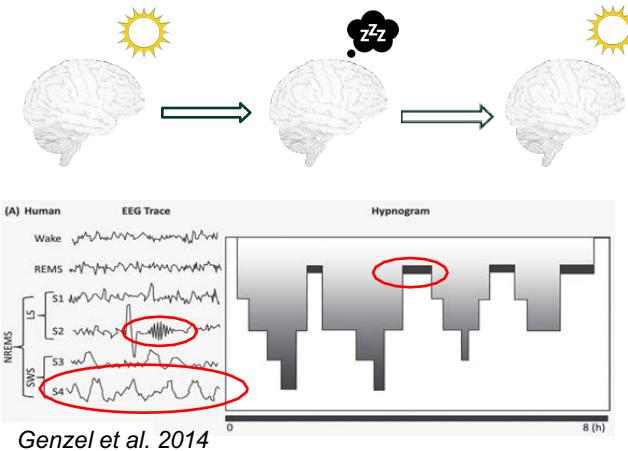
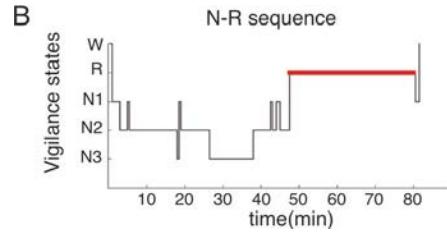
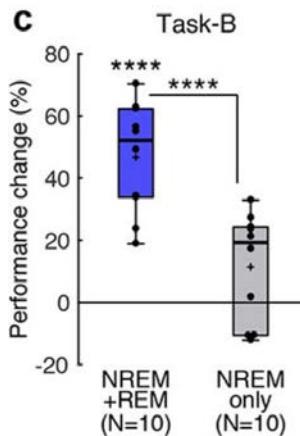


Ngo et al., Neuron 2013

Consolidation de la mémoire

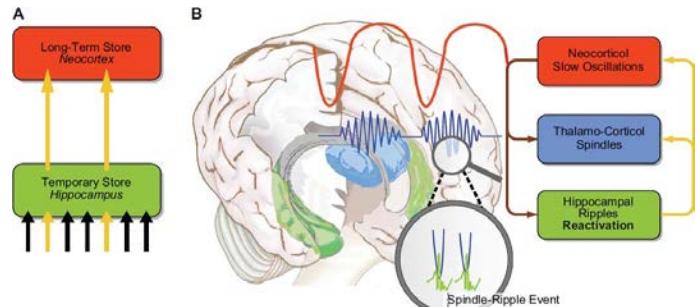
Rôle de la séquence Sommeil Lent – Sommeil Paradoxal (NREM-REM sleep)

Apprentissage perceptif

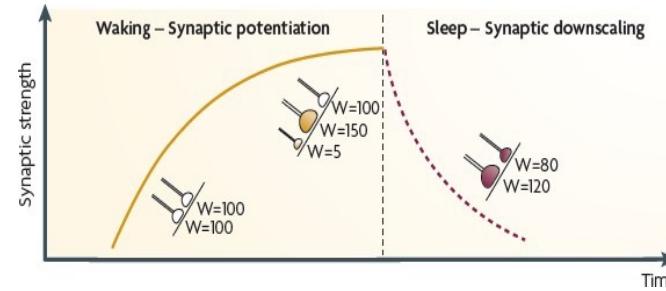




Consolidation de la mémoire: les modèles



(Rasch and Born 2013)



Tononi and Cirelli

- Sélection et renforcement des informations acquises pertinentes : réactivations hippocampiques des traces mnésiques (sommeil lent)
- Intégration des événements rejoués dans les réseaux préexistants au niveau cortical, extraction des règles et invariants, généralisation des apprentissages, stabilisation et consolidation à long terme (sommeil paradoxal)
- Homéostasie synaptique: élimination, stabilisation, ou renforcement synaptique



Sélection des informations pertinentes

- Rétention sélective des informations pertinentes pour le futur
Le bénéfice du sommeil sur les apprentissages est fortement influencé par nos buts et les attentes que nous avons sur leur utilité future

Mémoire procédurale

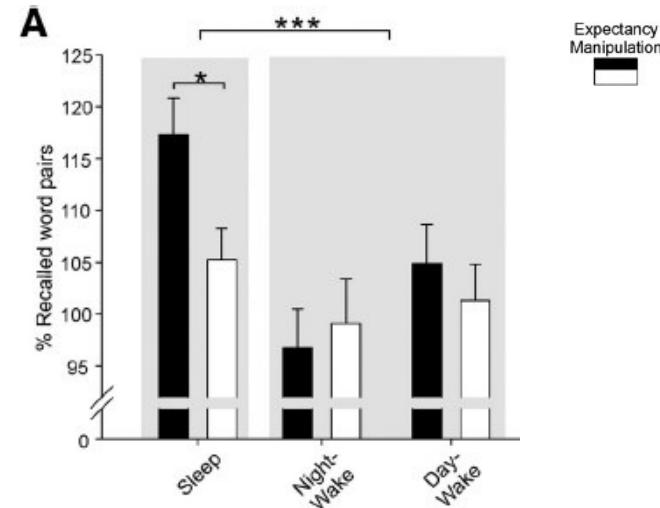
(Cohen et al. PNAS 2005, Wilhelm et al., JNeurosci 2011)

Mémoire déclarative et visuo-spatiale

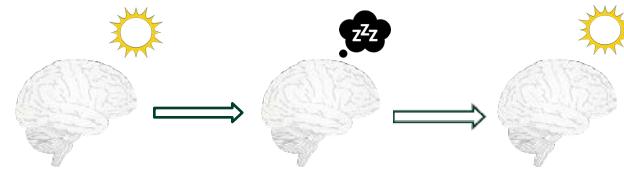
(Wilhelm et al., JNeurosci 2011)

Réalisation d'une intention future

(Diekelmann et al. Sleep 2013)



Wilhelm et al., JNeurosci 2011

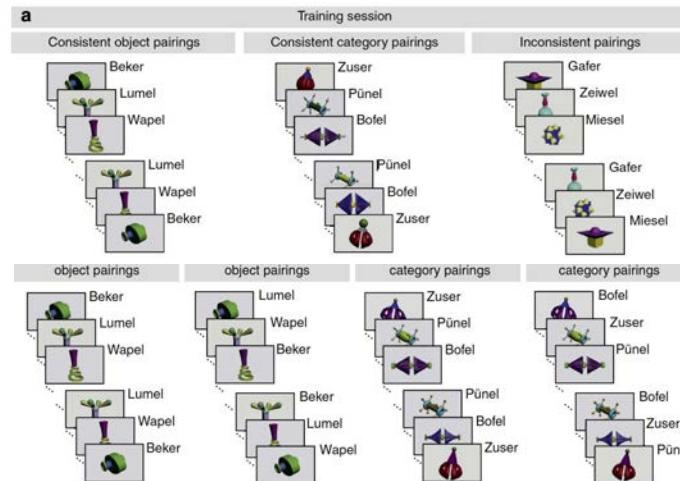


Résolution de problèmes / Abstraction / généralisation

- Résolution de problèmes (puzzles) dans différentes modalités sensorielles
- Abstraction, généralisation et extraction d'invariants et de règles

Apprentissage chez des enfants de 9 à 16 mois d'associations d'objets (sous différentes représentations) et de mots

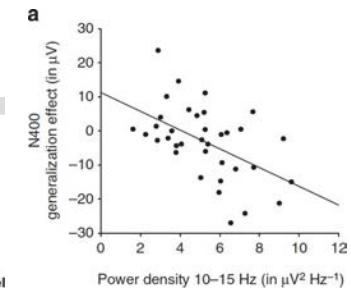
Association de l'apprentissage avec les fuseaux de sommeil



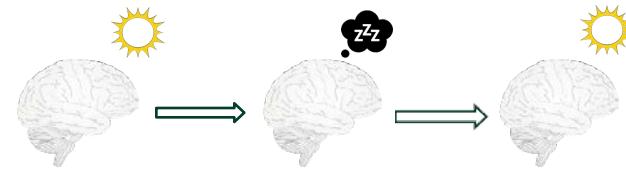
The triangle shown below points to the top of the page. Show how you can move three circles to create an identical triangle that points to the bottom of the page.



Sanders et al. 2019



Friedrich et al., 2015



Mémoire associative et créativité

Le sommeil, et principalement le sommeil paradoxal (REM sleep), favorise la création d'associations

- Remote Associates Test (RAT, Cai et al. 2009).

HEART, SIXTEEN, COOKIES;

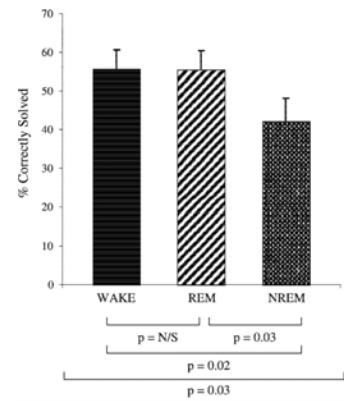
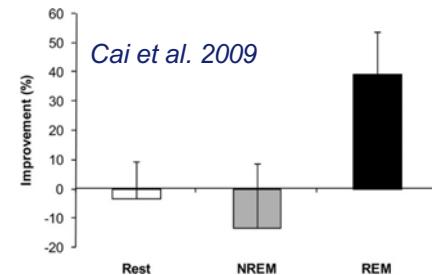
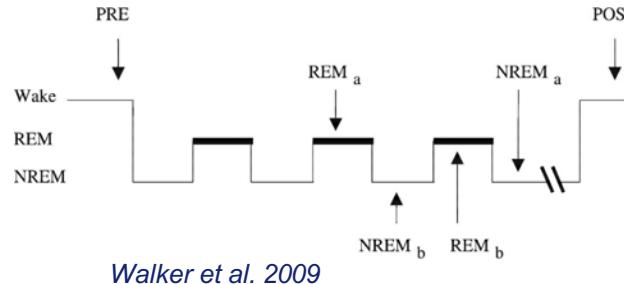
Réponse: SWEET

Amélioration uniquement après une sieste contenant du sommeil paradoxal (REM)

- Anagrammes (Walker et al. 2009)

ODMEN => MONDE

Le nombre d'anagrammes résolus 32% plus important que NREM



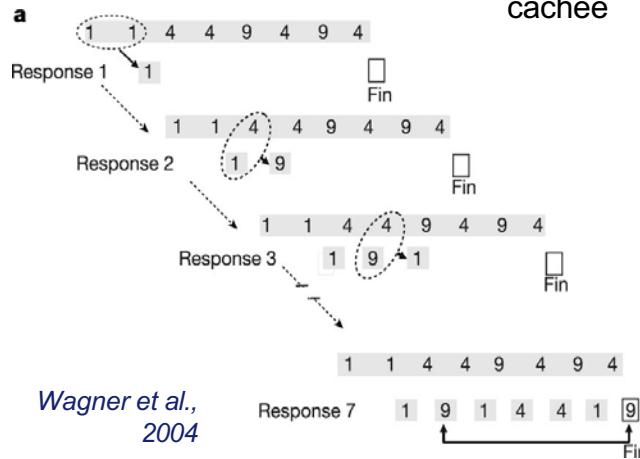


Connaissances explicites / Insight / créativité

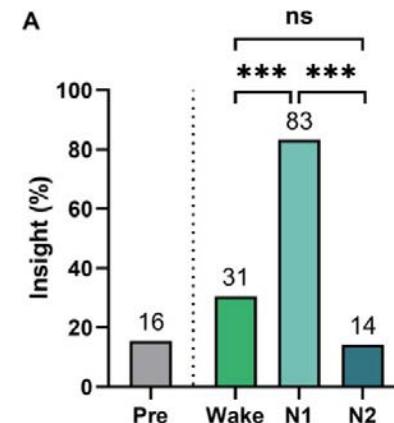
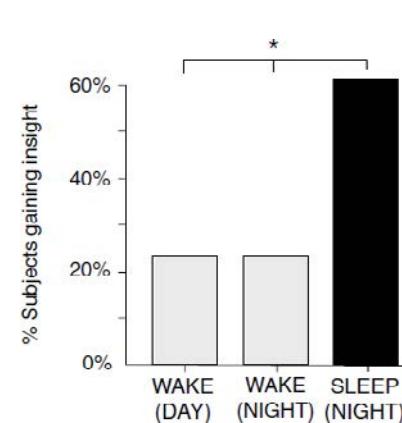
Transfert des apprentissages implicites vers une connaissance explicite

(Wagner et al., *Nature* 2004; Yordanova, J. et al. *Learn. Mem.* 2008; Fischer et al., *J. Cogn. Neurosci.* 2006; Payne et al. *Neurobiol. Learn. Mem.* 2009)

Tâche d'élaboration d'une séquence numérique présentant une règle cachée



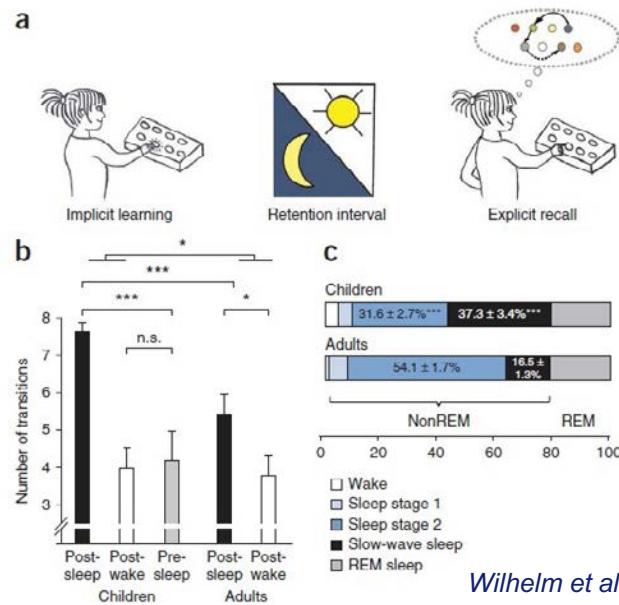
La période d'endormissement est propice à l'insight



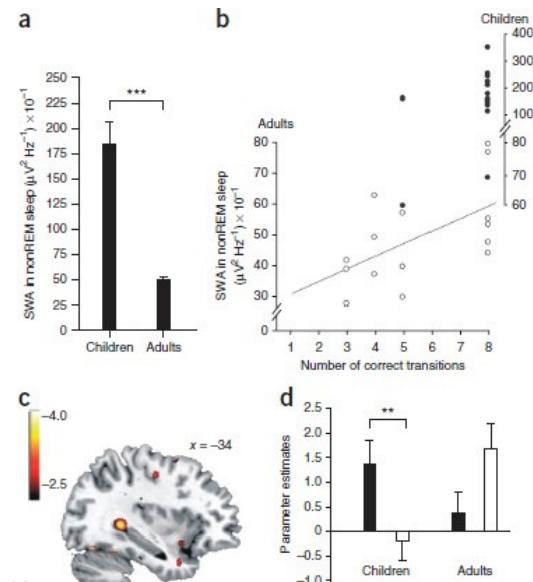
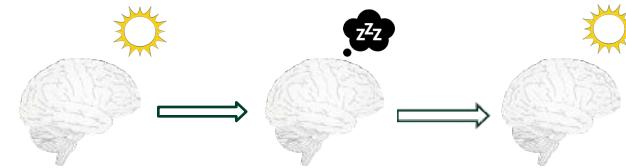
Connaissances explicites / Insight

Les capacités de conversion d'un apprentissage implicite en connaissance explicite après une nuit de sommeil sont supérieures chez l'enfant

- La séquence motrice apprise implicitement (en association à des indices lumineux) est mieux rappelée explicitement après le sommeil par les enfants que par les adultes.
- Les enfants ont plus de sommeil profond et la puissance des ondes lentes est supérieure.
- L'activité hippocampique au moment du rappel est majorée chez les enfants.



Wilhelm et al., 2013

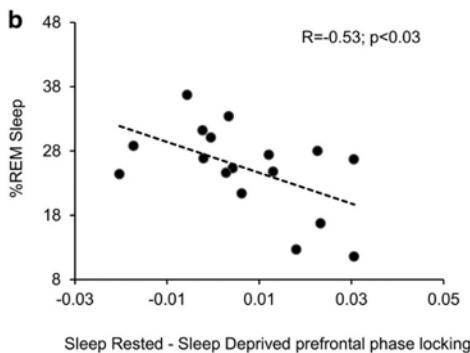


II. Santé mentale et comportements à risque

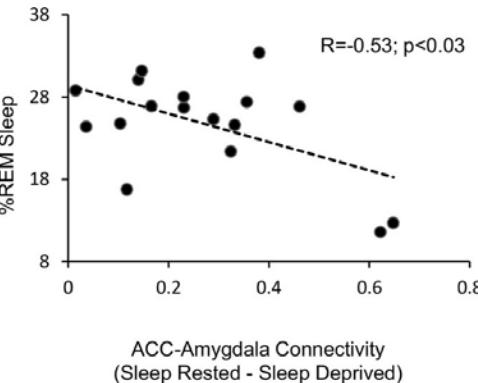
Emotions

En privation de sommeil:

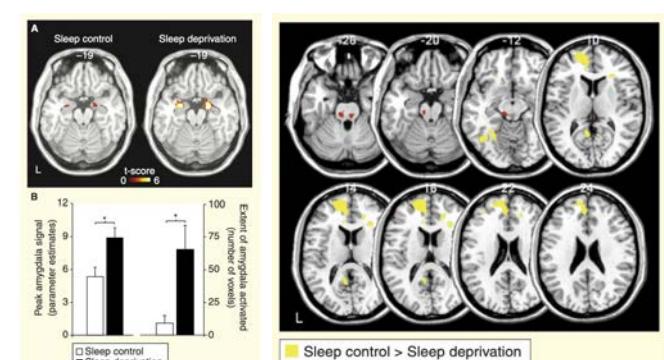
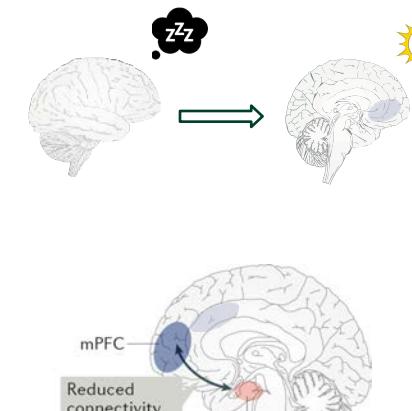
- Hyperactivité de l'amygdale en réponse aux stimuli neutres ou aversifs
- Hypoactivité des régions du contrôle émotionnel (cortex préfrontal, cingulaire antérieur) et de leurs connections avec l'amygdale
- Mauvaise intégration des afférences viscérales (ex: rythme cardiaque)
- Dépendant de la quantité de sommeil paradoxal (REM sleep)



Ben Simon et al. 2015



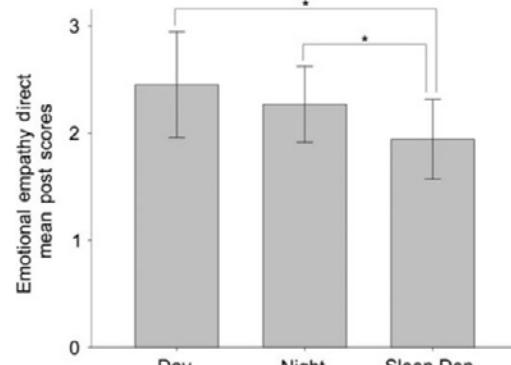
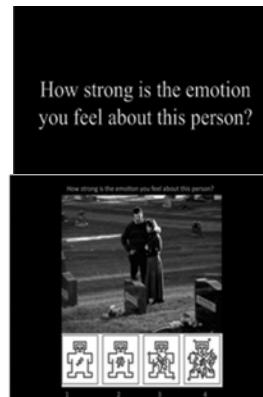
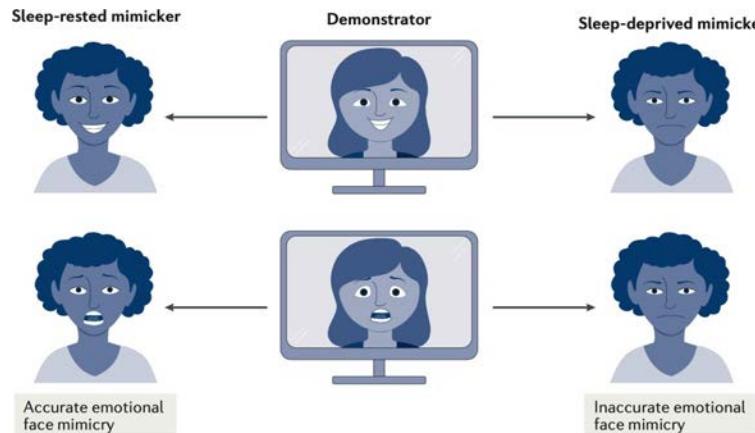
Yoo et al. 2007



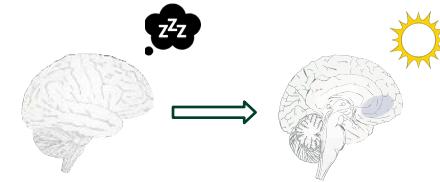
Emotions

En privation de sommeil:

- Mauvaise discrimination des émotions
- Moindre empathie



Guadagni et al. 2014



Emotions

- Altération du bien être psychologique (anxiété, humeur, irritabilité) avec la restriction de sommeil (*Dingues et al. 1997*)

- Augmentation du risque de dépression:

La dette de sommeil (<6h) chez les adolescents (11-17 ans, >3000 participants) majore le risque de dépression (sur le moment et à 1 an), qui elle-même va favoriser la dette de sommeil (*Roberts et al. 2014*).

- Augmentation du risque suicidaire (de idées noires au suicide, *Stubbs et al 2016*)

- Altération du fonctionnement interpersonnel et de l'intelligence émotionnelle (*Killgore et al. 2008*)

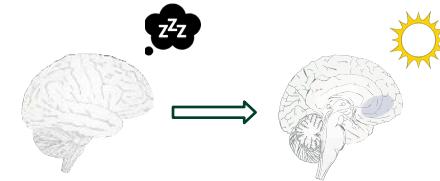
- L'altération du sommeil dans l'enfance prédit le risque de consommations de substances (alcool, tabac, cannabis, autres) à l'adolescence (*Wong et al. 2004*)

Table 3—Odds ratios for the association between sleep deprivation at Wave 1 and depression at Wave 2

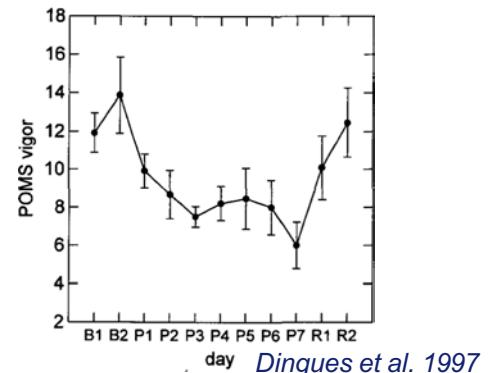
Roberts et al. 2014

Sleep Deprivation at Wave 1	Crude OR, 95% CI		Adjusted* OR, 95% CI	
	Major Depression	Depression Symptoms	Major Depression	Depression Symptoms
Short Sleep WN/WE	4.58 [†] (2.36-8.86)	1.39 [†] (1.14-1.68)	3.12 [†] (1.55-6.27)	1.25 [†] (1.01-1.54)
Short Sleep WN	5.21 [†] (2.48-10.93)	1.56 [†] (1.19-2.05)	3.76 [†] (1.65-8.58)	1.38 [†] (1.02-1.85)

Depression Symptoms = depressed mood, anhedonia, or irritable mood. Short Sleep WN/WN = Sleep ≤ 6 h on weeknights and weekends. Short Sleep WN = Sleep ≤ 6 h on weeknights. *Adjusting for age, gender, family income, and depression (either major depression or symptoms at Wave 1. [†]Odds ratios are statistically significant ($P < 0.05$).



50% of their ideal sleep duration



Comportement

Chaque heure de sommeil perdue est associée à une augmentation des comportements à risque:

- Conduite alcoolisée ou avec téléphone
- Port d'arme
- Combats
- Suicide
- Tabac
- Alcool et binge drinking
- Cannabis
- Sexualité
- Alimentation / Obésité

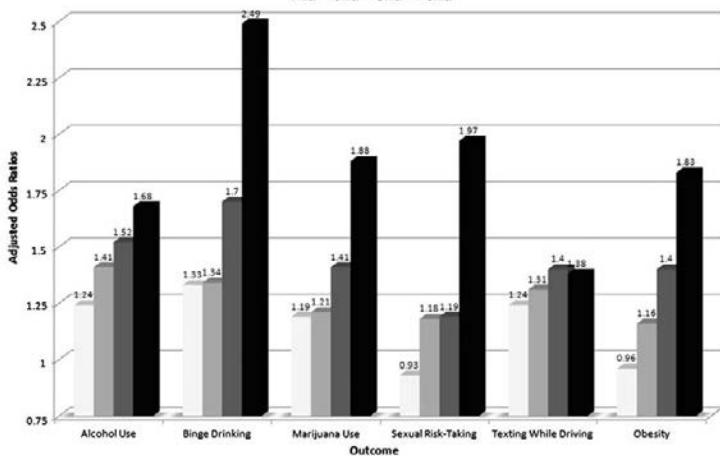
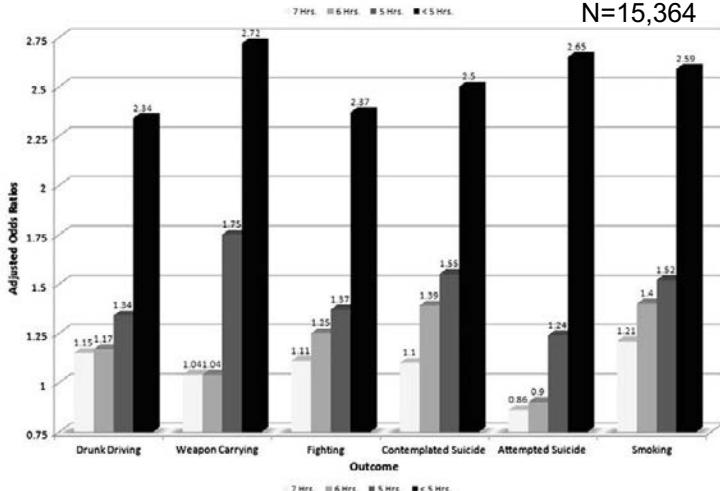


Fig. 1. Adjusted likelihood of behavioral and health outcomes by sleep status — relative to sleeping 8+ hours, 2011 U.S. YRBS.

IV. Les Recommandations

Recommandations

Bonne hygiène de sommeil

- Rythmes réguliers
- Lumière le matin
- Limiter les écrans, activités relaxantes 30 min avant de dormir
- Pas de téléphone/TV/ordinateur dans le lit
- Pas de café après l'école
- Pas de sieste après 16h

Temps de sommeil suffisant!

- Ne pas démarrer les cours avant 8h30...

Table 1

Tips for Teens to Improve Sleep (from ⁸⁶)

- Make a plan for sleep: set a bedtime for yourself that will allow enough time to sleep – and keep as close to it as you can
- Get bright light every morning when you wake up to help move your internal clock to an earlier time that can help you fall asleep earlier
- Avoid light at night before bedtime to keep your internal clock from moving later
- Avoid 'arousing' activities in the evening and give yourself a wind-down time to relax for about 30 min before bedtime
- Don't sleep with your cell phone on, nor the computer, TV, or any other technology (including lights) in your bedroom
- Stick as closely as you can to your sleep schedule on weekends
- Avoid caffeine after school
- Do not nap after 4 p.m.
- Have some fun every day and enjoy your life!

Effet de l'heure de début des cours à l'école

Le temps total de sommeil est très dépendant de l'horaire de début des cours

Quand l'heure de début des cours est retardée,

- le temps de sommeil augmente,
- l'absentéisme diminue,
- les étudiants dorment moins en classe,
- les symptômes dépressifs diminuent

Table 3. A Comparison of Selected Sleep Survey Mean Scores From Minneapolis and District B High School Students

Survey items/scales	Minneapolis high schools (8:40 a.m. start) N = 467	District B (7:30 a.m. start) N = 169
School day rise time		
1997–1998	7:12 a.m.***	6:13 a.m.***
2000–2001	6:40 a.m.	6:19 a.m.
School night bedtime		
1997–1998	11:19 p.m.*	11:05 p.m.*
2000–2001	10:41 p.m.	11:18 p.m.
School night sleep total		
1997–1998	7 hr, 53 min***	7 hr, 7 min***
2000–2001	7 hr, 59 min	7 hr, 1 min
Daytime sleepiness	2.21**	2.50**
Sleepiness (10-item total)	15.38***	17.37***
Struggled to stay awake or fell asleep		
Reading, studying, doing homework	1.97***	2.39***
During a test	1.32**	1.48**
In a class at school	2.06***	2.45***
Doing work on a computer or typewriter	1.23	1.34
Sleep behavior (15-item total)	21.82*	23.26*
In the last 2 weeks		
Arrived late to class because overslept ^a	4.11**	3.77**
Fallen asleep in a morning class ^a	4.32***	3.90***
Fallen asleep in an afternoon class ^a	4.31	4.14
Depression (6-item total)	10.37*	10.89*
Days home sick over 2 weeks	0.75*	1.03*

^aHigher values indicate lower frequency.

*Row mean values significantly different, $p \leq .05$.

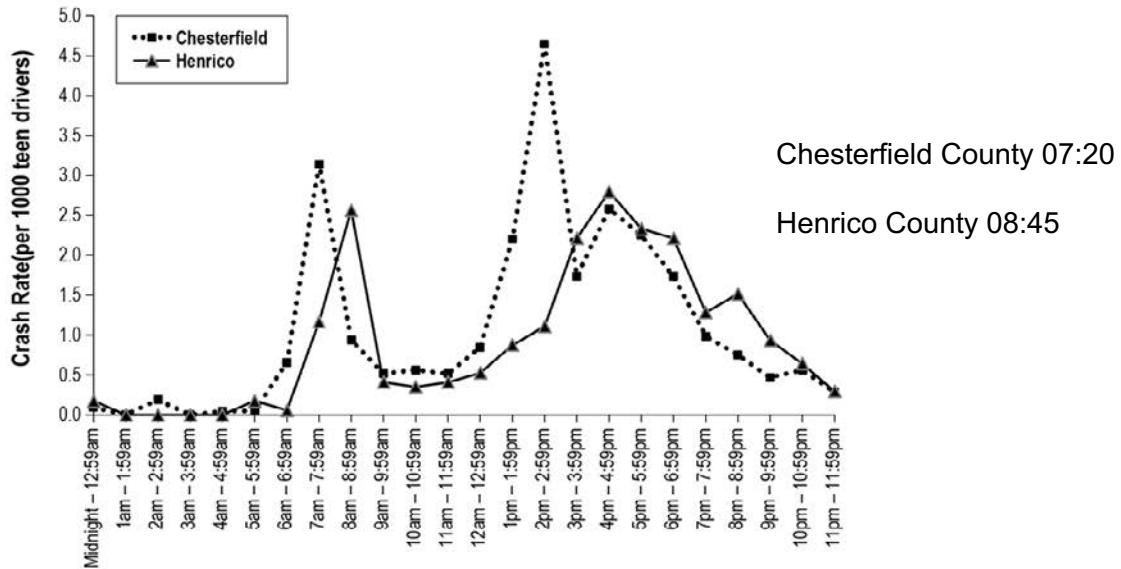
**Row mean values significantly different, $p < .01$.

***Row mean values significantly different, $p < .001$.

Effet de l'heure de début des cours à l'école

Conduite automobile et
accidents de la route

Figure 2—Weekday crash rate of 16 to 18-year age groups in Chesterfield County and Henrico County for School Year 2010–2011 (Sept. 2010–May 2011).



Conclusion: le rôle critique du sommeil

Pour le développement cérébral et sa maturation



Pour un fonctionnement cognitif normal à l'éveil

- Fonctionnement normal à l'échelle du neurone
- Balance équilibrée entre les différents réseaux cérébraux sous-tendant l'ensemble des fonctions cognitives.

Pour intégrer et consolider les apprentissages

- Sélectionner les informations pertinentes pour le futur,
- Les intégrer au sein des connaissances préexistantes et en mémoire à long terme,
- Généraliser les apprentissages, extraire les règles et invariants.

Pour un équilibre émotionnel et social

Pour une meilleure santé et la prévention des conduites à risque

/ Pour la prévention du vieillissement pathologique (maladies neurodégénératives, cardio-vasculaires, cancer) /

Conclusion: le rôle critique du sommeil



Le bénéfice du sommeil sur les apprentissages est fonction du *temps de sommeil total*, du sommeil *précédent* et du sommeil *suivant* les apprentissages.

Le bénéfice sur les apprentissages est plus fort chez l'enfant que chez l'adulte.

- ▶ Attention au décalage de phase chez les adolescents

MERCI POUR VOTRE ATTENTION
