

Les neurosciences au service de la prévention de la maltraitance chez les enfants



David Fortin, MD FRCS
Neurochirurgie, neuro-oncologie

Québec, Novembre 2023

DÉCLARATION DE CONFLITS

AUCUN CONFLIT D'INTÉRÊT À DÉCLARER



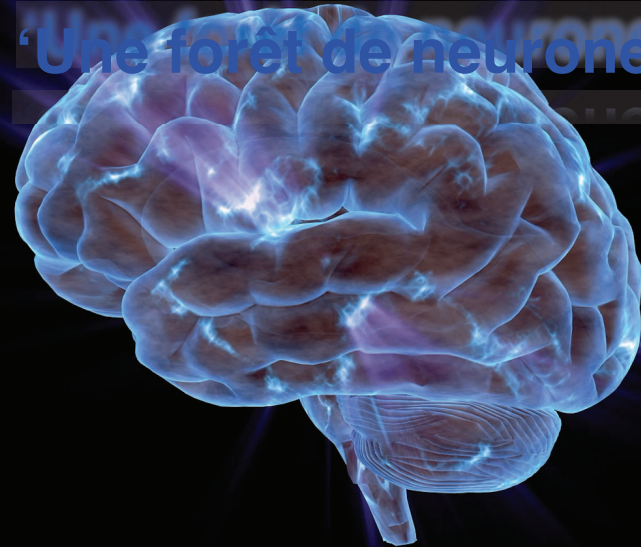
Plan de présentation

Un survol



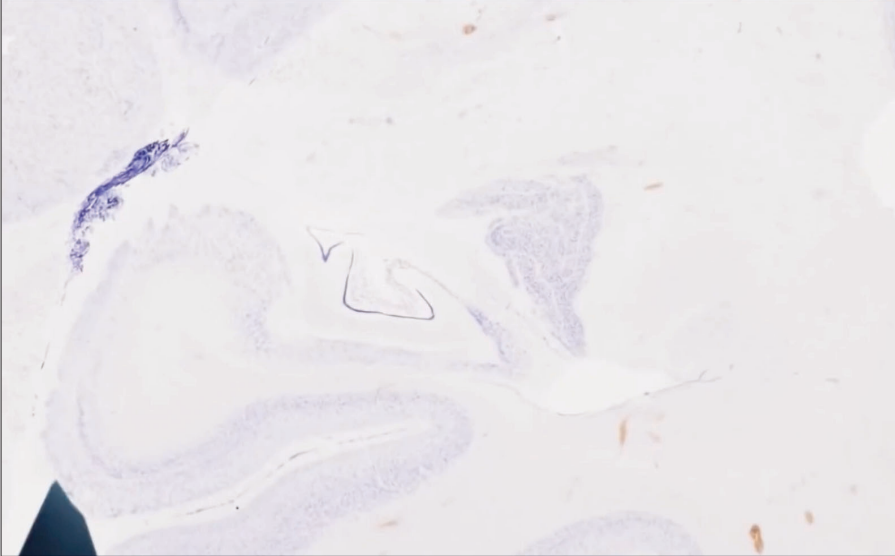
- 1- Les connaissances actuelles sur le développement du cerveau et des réseaux de neurones
- 2- Les impacts divers de la maltraitance sur ces grands réseaux cognitifs.
- 3- Comment est-il possible d'en atténuer la portée?

'Une forêt de neurones'



Le neurone

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), Nobel 1906

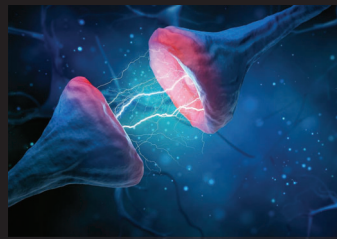


La doctrine neuronale

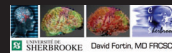
La fondation des neurosciences

- Le neurone est l'unité de signalisation du cerveau
- En ce sens, comprendre le neurone, c'est comprendre le cerveau
- Il ne reste plus qu'à décoder l'organisation des neurones et la manière avec laquelle les neurones sont connectés entre eux
- Cette connexion, cette jonction entre les neurones, c'est la synapse!

Synapses



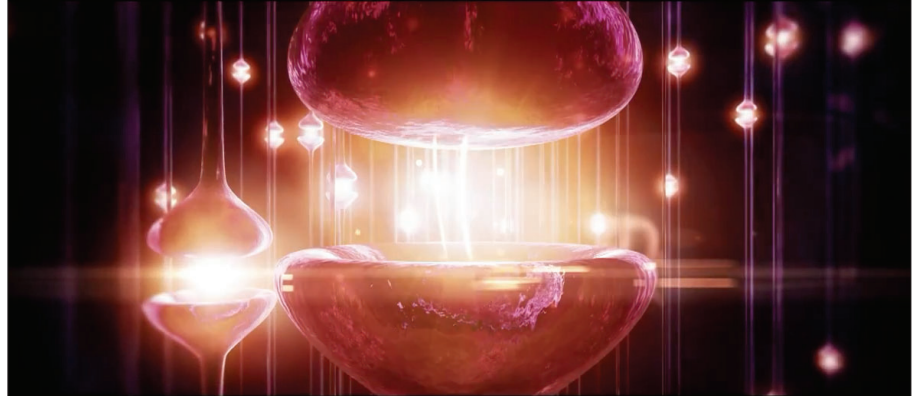
- **Point de contact entre 2 neurones**
 - Présence d'un espace synaptique
 - Cellule pré-synaptique (transmet le signal):
Axone
 - Cellule post-synaptique (reçoit le signal):
Dendrites
 - La transmission synaptique implique la libération d'un neurotransmetteur chimique au niveau de l'espace synaptique



Synapses

100 milliards de neurones, pouvant avoir milliers de contacts synaptiques chacun...
Modulation du signal (renforcement ou inhibition)
Impliquée dans la notion d'apprentissage
Impliquée dans la consolidation de connaissances et mémoire

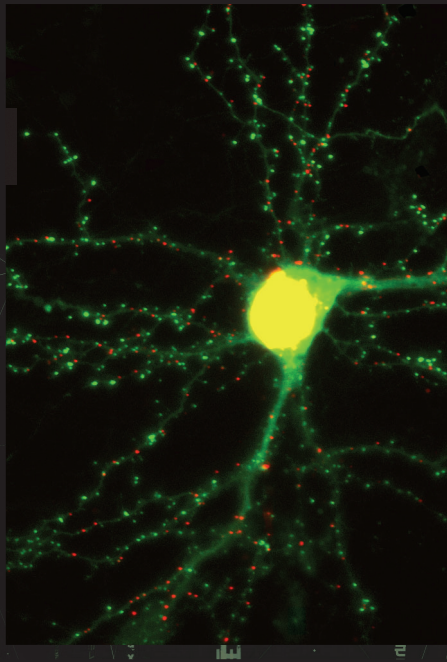
Even the mere act of giving a personal opinion to someone who happens to be in an even mildly protective state at that time tends to reinforce thought processes where the memory of the experience is stored with negative emotions attached to it, resulting in backward



Synapses

Quelques statistiques...

- 100 milliards de neurones
- Chaque neurone reçoit des contacts d'innombrables autres neurones (jusqu'à 100000); en moyenne 10000
- Il y a donc 4×10^{15} synapses dans le cerveau humain
- 4000000000000000 synapses



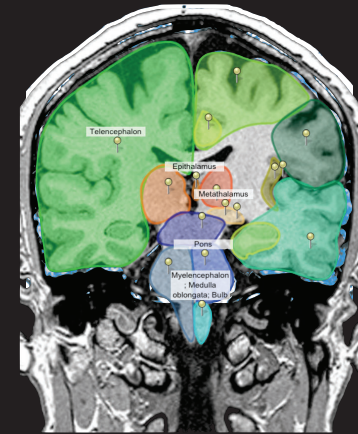
Les hémisphères cérébraux

IRM, vue de face

Le cortex cérébral (couche extérieure contenant les neurones)

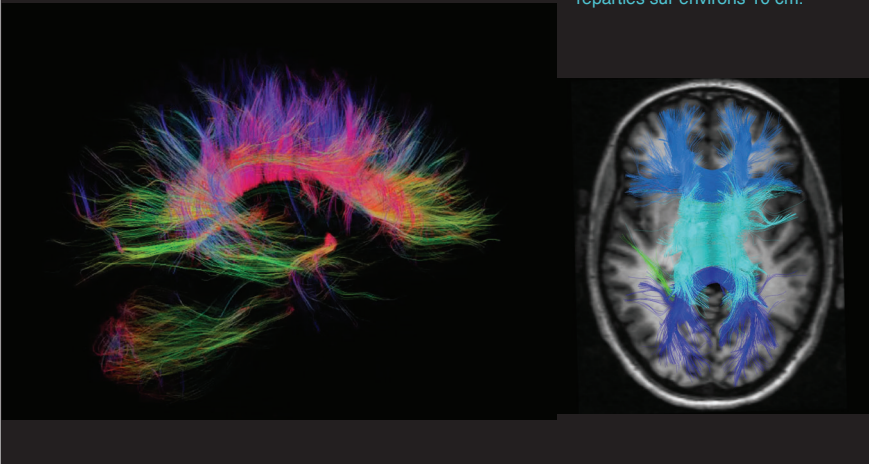
La matière blanche (les connexions entre les neurones): les axones

Les noyaux profonds (groupe de neurones profonds)



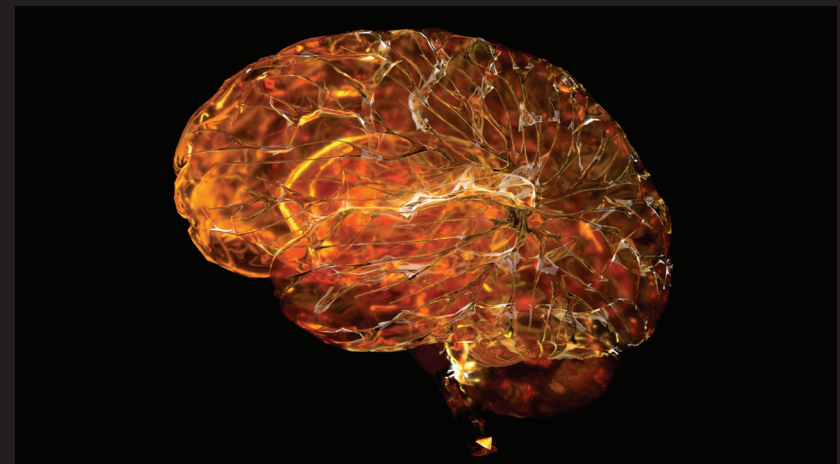
Le corps calleux

Plus grande voie de matière blanche du cerveau. Contient entre 200 à 300 millions d'axones, réparties sur environ 10 cm.



Le développement cérébral en bref!

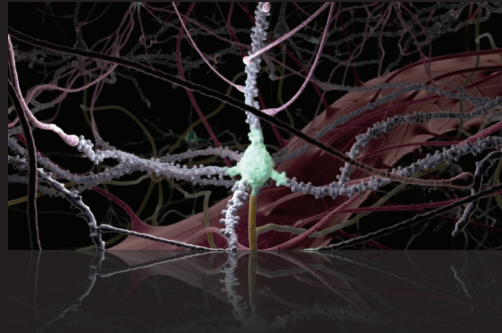
Comprendre ces étapes, c'est aussi comprendre pourquoi un jeune cerveau est plus vulnérable qu'un cerveau mature



La synaptogénèse

La capacité de former de nouvelles synapses

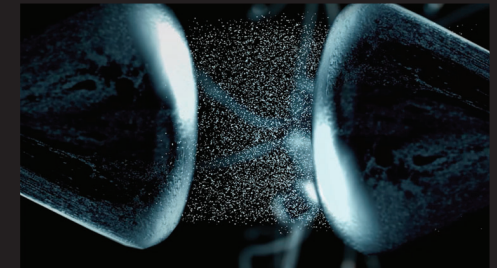
- Formation de nouvelles synapses
- Capacité maintenue tout au long de la vie, mais diminue avec l'âge.
- La flexibilité mentale est corrélation directe de la synaptogénèse



Synaptogénèse exhubérante

Synaptogénèse: Formation de nouvelles synapses

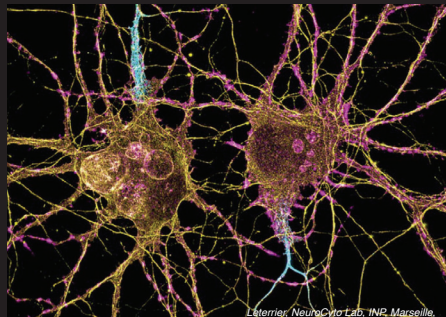
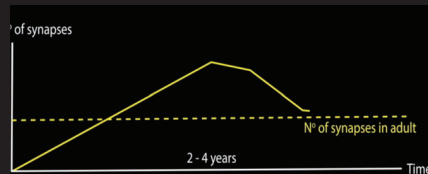
- 34e semaine de gestation il se forme 40 000 nouvelles synapses à la seconde
- Se poursuit ainsi à cette vitesse effrénée jusqu'à brièvement après la naissance.
- Continue durant toute la jeune enfance



Élagage synaptique

Adolescence

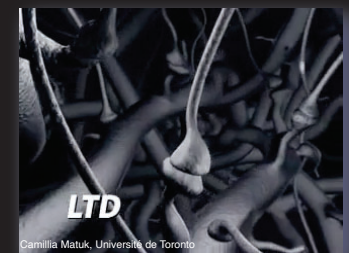
- On a formé trop de synapses
- Afin de permettre tous les possibles
- Pour des raisons d'économies énergétiques et cognitives, on doit maintenant se débarrasser des synapses inutilisées



Age adulte

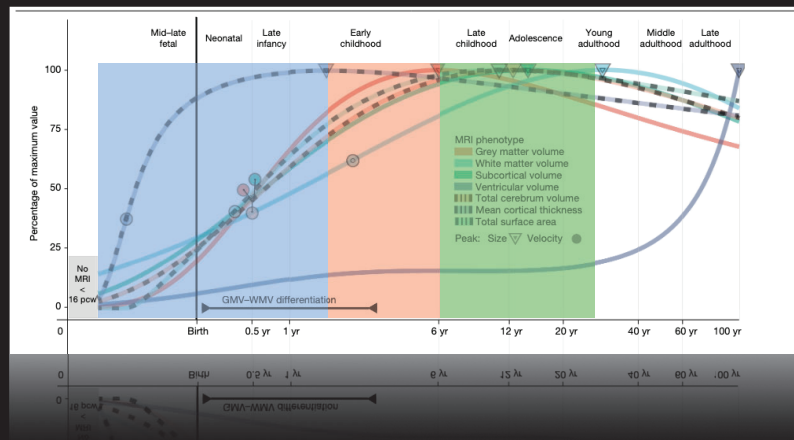
Les synapses fréquemment utilisées: renforcement

- Le Renforcement synaptique rend la synapse plus susceptible d'être activée
- Ce phénomène permet de consolider de grands réseaux cognitifs fréquemment utilisés et rendre les tâches en découlant plus naturelles



Le changement du cerveau au fil du temps

Changement cérébraux organiques



La vision moderne du cerveau

L'organe fonctionne de manière globale, intégrale

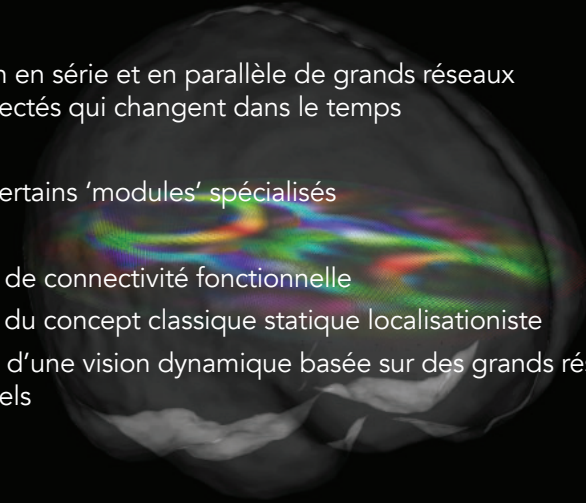
Collection en série et en parallèle de grands réseaux interconnectés qui changent dans le temps

Persiste certains 'modules' spécialisés

La notion de connectivité fonctionnelle

Abandon du concept classique statique localisationniste

Adoption d'une vision dynamique basée sur des grands réseaux fonctionnels



La théorie des assemblées de neurones

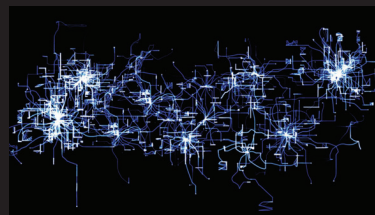
Théorie à la base des neurosciences modernes

La règle de Hebb, théorie de Hebb, postulat de Hebb (Donald Hebb, 1949)

« cells that fire together, wire together »

Changements d'adaptation dans un réseau de neurones pendant un processus d'apprentissage.

Mécanisme de plasticité synaptique: l'efficacité synaptique augmente lors d'une stimulation présynaptique répétée.



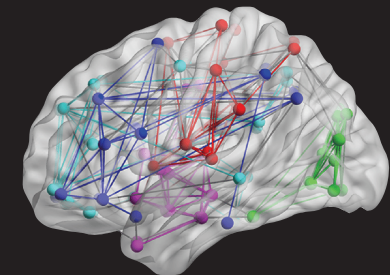
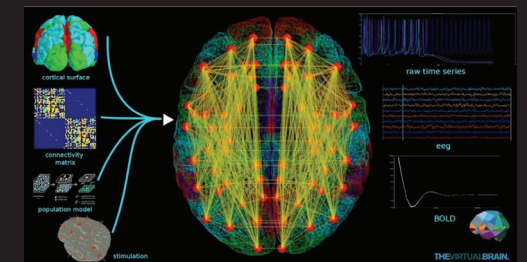
Les grands réseaux cognitifs

Connecter des groupes de neurones ensemble

Connectivité

- Les processus cognitifs sont les différents modes à travers lesquels un système traite l'information en y répondant par une action.

- Processus émergent de groupes de neurones interconnectés



Comment modéliser quelque chose d'aussi complexe que les grands réseaux cognitifs?

Théorie des graphes

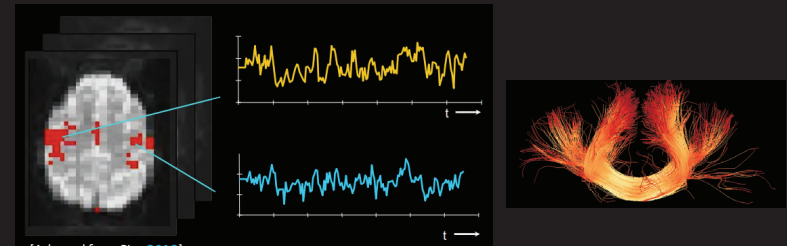
Connectivité

Les graphes sont des modèles abstraits de dessins de réseaux reliant des objets. Ces modèles sont constitués par la donnée de nœuds et d'arêtes.



Resting-state functional MRI (taskless)

IRM fonctionnelle au repos



[Adapted from Birn 2013]

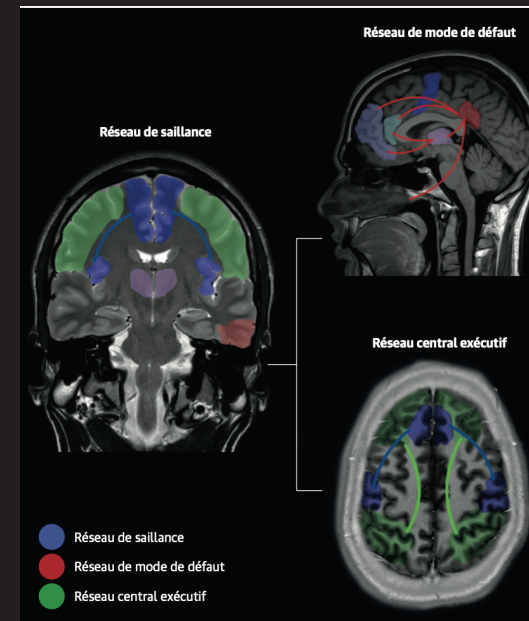
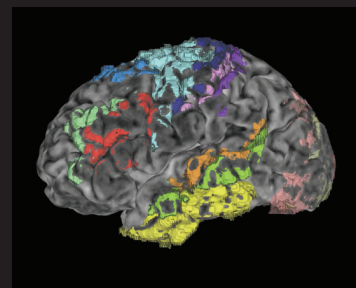
Neurovascular coupling: when neurons activate, microvessels react by dilation + increase O₂ extraction

Le consensus actuel: 7 réseaux cognitifs

Modèle le plus utilisé

Réseau de mode de défaut
Réseau central exécutif
Réseau de saillance

Réseau visuel + visuo-spatial
Réseau sensitivo-moteur
Réseau limbique
Réseau attention dorsale (fronto-pariétal)



Le réseau de saillance ajuste le flot de l'information entre le réseau de mode de défaut ou le réseau central exécutif.

Le réseau de mode de défaut est l'instance gérant l'activité mentale endogène.

Le réseau central exécutif (fronto-pariétal) est le réseau de gestion de toutes les informations exogènes

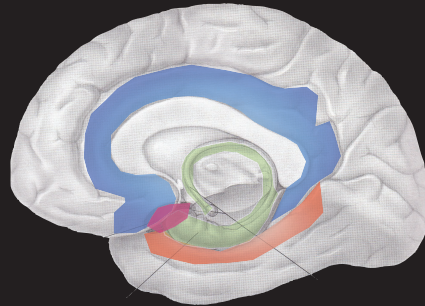
- Réseau de saillance
- Réseau de mode de défaut
- Réseau central exécutif

Le réseau limbique

Système primitif associé aux émotions et à la mémoire

Les fonction olfactives...

- Gyrus cingulaire ●
- Gyrus parahippocampal ●
- Hippocampe ●
- Amygdale ●
- Structures responsable de la physiologie des émotions, de la mémoire et de l'apprentissage.
- Limbes: vague, incertain



Les impacts divers de la maltraitance sur ces grands réseaux cognitifs.



2 types de changements sont mesurables

1-Changements anatomiques

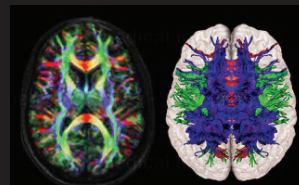
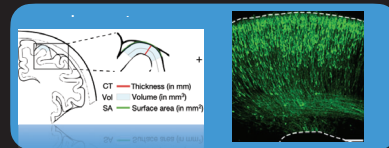
Va toucher certaines structures cérébrales mesurables

Augmentation ou diminution de volume (matière grise)

Cortex

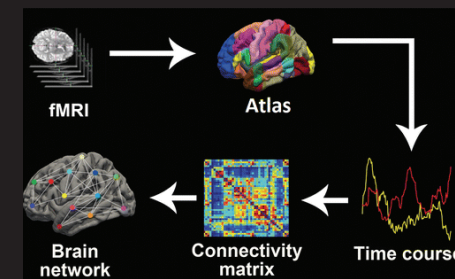
Noyaux profonds

Perte intégrité de la matière blanche (connections entre les neurones)



2 types de changements sont mesurables

2-Changements fonctionnels



Ces changements affectent les assemblées de neurones, la connectivité des grands réseaux

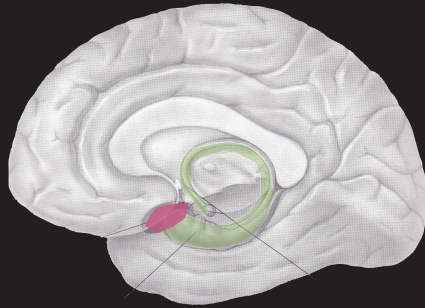
Beaucoup plus difficile à mesurer méthodologiquement

Résultats plus variables et plus incertains

Les changements anatomiques

Système Limbique particulièrement affecté

- Hippocampe ●
- Amygdale ●

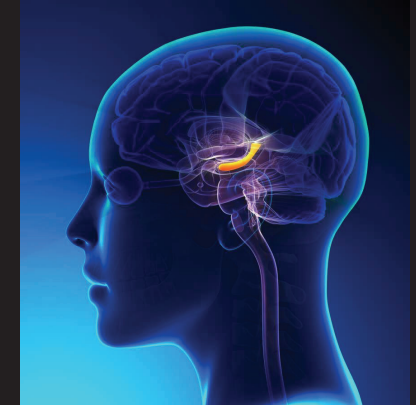


Hippocampe

Partie du système limbique

Plusieurs rôles fondamentaux
Gestion des mémoires
Extraction et encodage à long terme des mémoires
Repérage visuo-spatial

Dans la majorité des études:
atrophie.



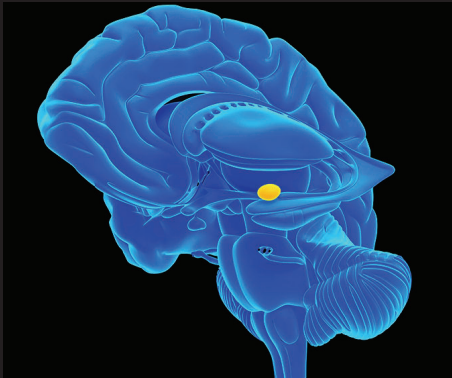
Amygdale

Partie du système limbique

Centre de gestion des émotions

Centre de relais entre gestion émotions, mémoires, apprentissage et les sens

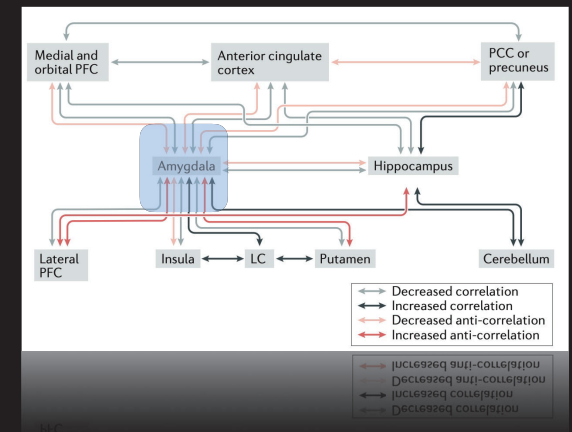
Atrophie vs hypertrophie selon différentes études.



Les changements fonctionnels des grands réseaux

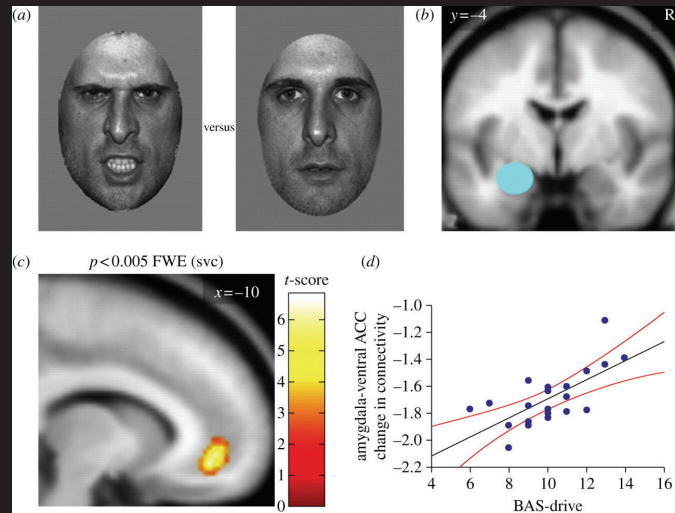
Système limbique

Atteinte amygdale est centrale à tous les changements du réseau limbique



Changement fonctionnel le mieux documenté

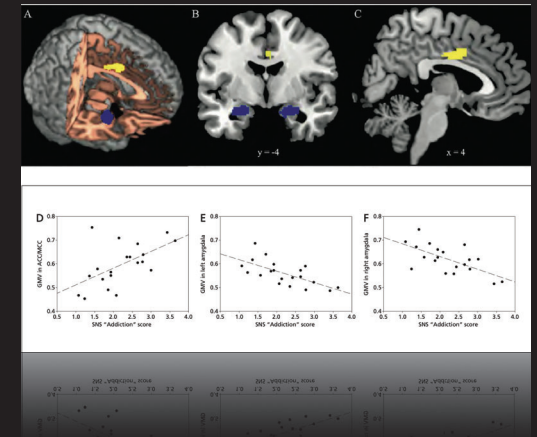
Amygdale: reconnaissance expression faciale perturbée



Gestion des émotions chez les adolescents

Changements potentiellement irréversibles

Corrélation entre dépendance aux médias sociaux et une atrophie de l'amygdale, impliquée dans la gestion des émotions



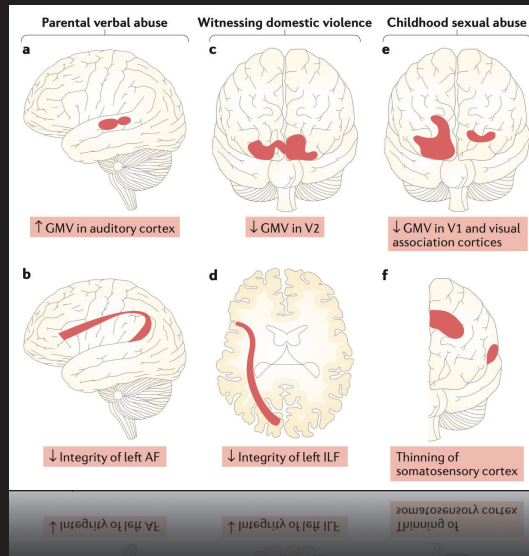
L'impact mesurable sur les structures cérébrales

Variable selon le type d'abus

Abus verbal

Abus visuel

Abus sexuel



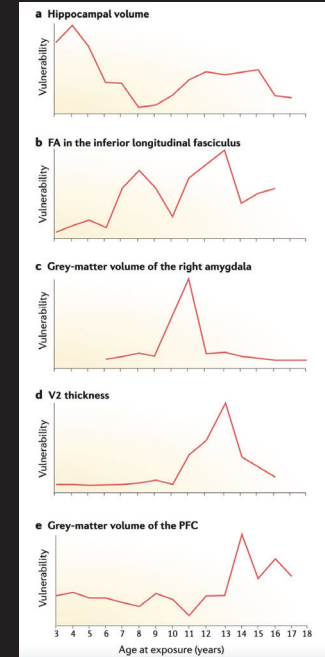
La période de susceptibilité accrue

Extrêmement variable selon les structures considérées

Très tôt pour hippocampe (avant 5 ans)

Plus tard pour l'amygdale (après 10 ans)

Cela rend les stratégies de soustraction aux stimuli néfastes complexes.

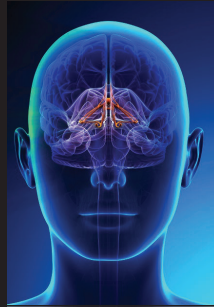


Changements cérébraux

Hypothèses: diathèse-stress et adaptation plastique

Pourrait représenter à la base des altérations cognitives adaptatives

- Modifier attitude de l'individu et favoriser son succès dans certains environnements
- Changement s'inscrivent alors comme des mécanismes évolutifs de protection
- Certaines expériences sont cependant si sévères qu'elles endommageront le cerveau.

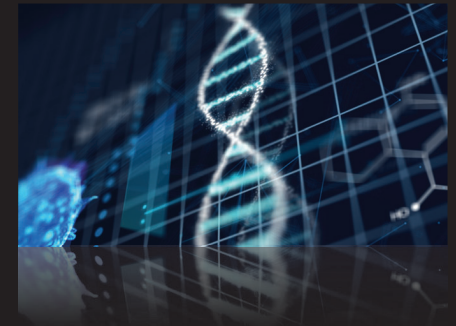


L'importance de la susceptibilité génétique

Trouvaille récente dans plusieurs études sur la maltraitance

Il semble que certains individus soient génétiquement plus susceptibles aux méfaits de la maltraitance.

- Identifier ces marqueurs génétiques.
- Certaines descriptions de changements cérébraux associés à des psychopathologies: pourraient représenter des marqueurs de l'exposition précoce à la maltraitance.



Comment est-il possible d'en atténuer la portée?

Cela dépend du type de changement cérébral: anatomique vs fonctionnel

Changements anatomiques structurels

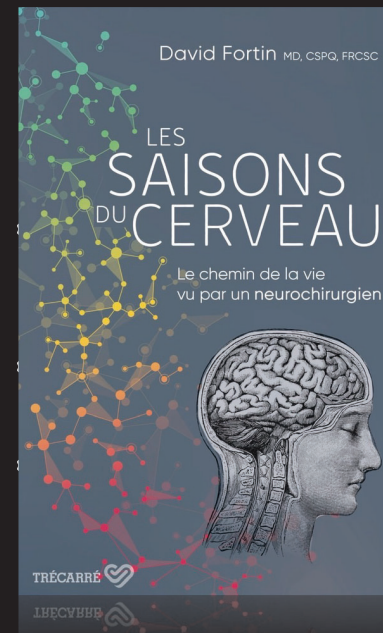
- Dépend d'une susceptibilité génétique
- Seule approche fructueuse semble le retrait précoce des sources d'abus

Changements fonctionnels

- Stratégies de rééducation psychologique ont leur place
- Élément de réversibilité potentielle



Pour en savoir plus!



Questions?

