



**HAL**  
open science

# Modifications cérébrales pendant la grossesse / Interaction mère-enfant dans le post-partum : revue de la littérature

Laure Choine

► **To cite this version:**

Laure Choine. Modifications cérébrales pendant la grossesse / Interaction mère-enfant dans le post-partum : revue de la littérature. Gynécologie et obstétrique. 2022. dumas-04326327

**HAL Id: dumas-04326327**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04326327v1>**

Submitted on 6 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**ECOLE DE SAGES-FEMMES DE RENNES**

**MODIFICATIONS CÉRÉBRALES PENDANT LA  
GROSSESSE / INTERACTION MÈRE-ENFANT DANS LE  
POST-PARTUM**

**Revue de la littérature**

**Mémoire présenté par**

**Laure CHOINE**

**Née le 16 janvier 1999**

**DIPLÔME D'ÉTAT DE SAGE-FEMME 2022**



**ECOLE DE SAGES-FEMMES DE RENNES**

**MODIFICATIONS CÉRÉBRALES PENDANT LA  
GROSSESSE / INTERACTION MÈRE-ENFANT DANS LE  
POST-PARTUM**

**Revue de la littérature**

**Mémoire présenté par**

**Laure CHOINE**

**Née le 16 janvier 1999**

**DIPLÔME D'ÉTAT DE SAGE-FEMME 2022**

« L'école de sage-femme n'entend donner aucune approbation ni improbation  
aux opinions émises dans ce mémoire : ces opinions doivent être considérées  
comme propres à leur auteur. »

# REMERCIEMENTS

Je souhaite adresser mes plus sincères remerciements à :

- Jodi PAWLUSKI, pour avoir accepté de me guider dans mes réflexions, pour ses conseils et son aide précieuse tout au long de l'élaboration de ce mémoire.
- Isabelle BERTORELLO, sage-femme enseignante à l'école de Rennes, pour son soutien et ses patientes relectures.
- Ma famille et mes amis, pour le temps passé à mes côtés dans la rédaction et la mise en page de ce mémoire, ainsi que pour leur écoute et leur aide.

# GLOSSAIRE

BDI : Beck Depression Inventory

BOLD : Blood-Oxygen-Level-Dependent

EEG : Electroencéphalographie

EPDS : Edinburgh Postnatal Depression Scale

ERP : Event-Related Potential

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

MEG : Magnétoencéphalographie

MeSH : Medical Subject Headings

PBI : Parental Bonding Instrument

PET scan : tomographie par émission de positons

PMC : Perceived Maternal Care

PPT : Potentiel Positif Tardif

TDM : Tomodensitométrie

VBM : Voxel Based Morphometry

YIPTA : Yale of Parental Thoughts and Actions

# SOMMAIRE

1. Introduction
  - 1.1. Techniques d'exploration cérébrale
  - 1.2. Plasticité cérébrale
  - 1.3. Cerveau maternel
    - 1.3.1. Modifications neurobiologiques
    - 1.3.2. Impact hormonal
  - 1.4. L'attachement
    - 1.4.1. Définition
    - 1.4.2. Phénomène neurobiologique
  - 1.5. Problématique – objectifs - plan
2. Méthodologie
  - 2.1. Sélection des articles
    - 2.1.1. Moteurs de recherche
    - 2.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion
    - 2.1.3. Stratégie de recherche
    - 2.1.4. Impact Factor
  - 2.2. Analyse des articles
3. Résultats
  - 3.1. Modifications cérébrales pendant la grossesse
  - 3.2. Modifications cérébrales pendant le post-partum
    - 3.2.1. Noyaux gris centraux
    - 3.2.2. Système limbique
    - 3.2.3. Cortex frontal
    - 3.2.4. Cortex pariétal
    - 3.2.5. Cortex temporal
    - 3.2.6. Cortex occipital
4. Discussion
  - 4.1. Construction cérébrale de la maternité
    - 4.1.1. Comportement social / théorie de l'esprit
    - 4.1.2. Réseau de récompense
    - 4.1.3. Fonctions exécutives
    - 4.1.4. Réseau de saillance
  - 4.2. Limites

4.2.1. Limites des articles sélectionnés

4.2.2. Limites de la revue

4.3. Ouvertures

5. Conclusion

6. Bibliographie

7. Annexes



## 1. Introduction

### 1.1. Techniques d'exploration cérébrale

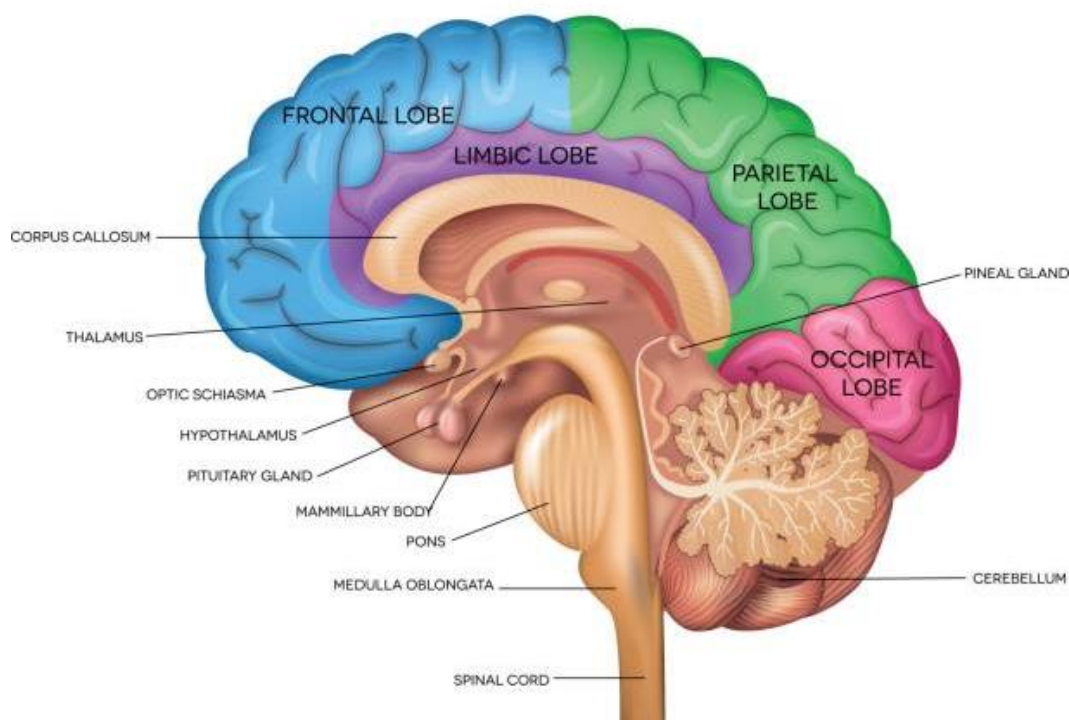
Les milliards d'impulsions électriques échangées par les neurones dans le cerveau font émerger nos pensées, notre conscience. Afin d'étudier profondément cette entité, le monde des neurosciences s'est largement développé ces dernières années permettant l'étude du système nerveux humain du point de vue structurel et fonctionnel, et à toutes les échelles. Depuis les années 1990, les progrès des techniques d'imagerie cérébrale ont révolutionné les différents domaines de recherche en neurosciences permettant d'observer le cerveau en train de penser. Grâce à ses propriétés électro-magnétiques, il est maintenant possible d'observer le cerveau d'un individu qui effectue une tâche cognitive et ainsi repérer des zones cérébrales correspondantes. A cette neuroimagerie structurelle, s'ajoute celle fonctionnelle permettant de cartographier les fonctions et capacités du cerveau. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique qui permet d'obtenir une imagerie médicale en deux ou trois dimensions par émission d'un champ électromagnétique stimulant les noyaux d'hydrogène composant les tissus mous de l'organisme. C'est ainsi qu'est retranscrit son anatomie et son activité dans le cas d'une IRM fonctionnelle (18)(19). Elle est à différencier de la tomодensitométrie (TDM) ou scanner qui consiste à mesurer l'absorption des rayons X par les tissus durs. Le PET scan (tomographie par émission de positons), quant à lui, permet de mesurer en trois dimensions une activité métabolique ou moléculaire d'un organe grâce aux émissions produites par les positons issus d'un produit radioactif préalablement injecté (20). En plus de l'imagerie cérébrale, les chercheurs ont mis au point des techniques d'exploration cérébrale basées sur l'étude des champs électriques et électromagnétiques issus du cortex cérébral : EEG (électroencéphalographie) et MEG (magnétoencéphalographie). L'EEG enregistre une activité bioélectrique cérébrale spontanée se produisant en dehors de toute stimulation émise par une population neuronale et enregistrée sur le scalp par des électrodes, en regard des différentes aires corticales. A la différence de l'EEG, les potentiels évoqués sont des activités bioélectriques provoquées par des stimulations sensorielles ou par des activités motrices, et peuvent être exogènes ou endogènes (cognitifs). Ces derniers sont interprétés comme étant le reflet du traitement de l'information lié à la réaction psychologique

du sujet en rapport avec la stimulation (21). Enfin, l'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (fNIR) est une technique novatrice de plus en plus utilisée dans la recherche, qui consiste à mesurer l'oxygénation d'une zone du cerveau afin d'en déduire son activité.

## **1.2. Plasticité cérébrale**

Le cerveau est constitué de neurones et de cellules gliales étroitement connectés. L'expérience et l'apprentissage modifient la force des connexions entre les neurones, impactant les réseaux neuronaux. La plasticité cérébrale est la capacité du cerveau à se façonner au gré de l'histoire vécue, par l'intermédiaire du remodelage neuronal structurel ou fonctionnel en vue d'une adaptation des neurones à un environnement moléculaire, cellulaire et fonctionnel changeant. En neurobiologie, la plasticité désigne la modification d'une propriété ou d'un état face à un stimulus externe. Ce phénomène s'exprime à tous les niveaux d'organisation du cerveau (22)(23). La plasticité synaptique permet notamment le recrutement de nouveaux récepteurs sur la membrane, puis la plasticité neuronale permet au neurone de se développer ou de régresser et enfin la plasticité cérébrale permet au réseau de modifier ses connexions internes et externes au cours du temps. Certaines périodes critiques de la vie sont concernées par un grand remodelage cérébral, notamment à l'adolescence. En effet, les changements psychiques et physiques chez l'adolescent se traduisent au niveau cérébral par un processus d'élagage et de myélinisation des connexions neuronales restructurant les circuits cérébraux, notamment dans le cortex frontal. Les sécrétions hormonales lui permettent de développer de nouvelles capacités cognitives pour l'accompagner dans le passage à la vie adulte (24). De cette manière, l'adolescence ressemble à la maternité - une étape de la vie où se produisent des changements psychologiques et physiques importants. C'est ainsi qu'une anthropologue américaine, Dana RAPHAEL, a donné naissance au terme de "Matrescence" en mettant en parallèle la transition de l'adolescence à celle de la maternité. Derrière ce mot, se cache en réalité un véritable concept psychologique qui désigne la période transitoire au cours de laquelle la femme donne naissance à l'enfant et à la mère (25).

### 1.3. Cerveau maternel



*Anatomy of the brain. Wikimedia Commons.*

#### 1.3.1. Modifications neurobiologiques

De nombreuses études animales ont permis d'identifier les adaptations structurelles et fonctionnelles dans le cerveau maternel durant la grossesse et la période du post-partum au niveau biochimique et cellulaire. Chez les rongeurs, l'étude de l'expression des gènes et de la synthèse des protéines influencée par les hormones de grossesse, a permis d'identifier grâce à différentes techniques (comme les Western Blots, immunofluorescence, etc), des changements dans la morphologie neuronale (forme et taille), la nature des neurotransmetteurs, l'activité électrophysiologique, la connectivité et la fonction synaptique. Cette plasticité neuronale concerne de nombreuses régions du cerveau y compris le cortex préfrontal, l'aire préoptique de l'hypothalamus, l'amygdale, le septum latéral, les bulbes olfactifs et l'hippocampe (26).

### **1.3.2. Impact hormonal**

Certains de ces changements dans le système neuronal ont été retrouvés aussi bien chez les rongeurs portant une grossesse que chez les rongeurs nullipares ayant reçus un traitement hormonal imitant une grossesse, d'où le rôle primordial des hormones dans la plasticité cérébrale. Or, il est connu que la grossesse et la parturition sont associées à des effets hormonaux significatifs. Les hormones stéroïdiennes, œstrogènes et progestérone, sont d'une importance capitale. Étant liposolubles, elles entrent dans le cerveau et agissent sur les cellules nerveuses réceptrices. En effet, les œstrogènes et la progestérone agissent respectivement sur les gènes et la surface cellulaire des neurones comme régulateurs positifs ou négatifs sur la neurogénèse et d'autres processus neuronaux. Par exemple, une étude a montré qu'une variation génétique des récepteurs à œstrogènes entraînant une diminution de l'expression était associée à une mise en place plus difficile de la parentalité (27). Les hormones peptidiques jouent aussi un rôle important dans la naissance et la parentalité. Ces hormones comme la relaxine et la prolactine sont sécrétées et agissent entre autres sur le cerveau (28). Une injection d'ocytocine chez une nullipare fait augmenter l'activation du cortex cingulaire, orbitofrontal et de l'insula. Par ailleurs, l'activation du système hypothalamus-hypophyse-surrénale pendant la grossesse accroît le taux de glucocorticoïdes.

## **1.4. Attachement**

### **1.4.1. Définition**

Certains phénomènes cérébraux au cours de la grossesse sont aujourd'hui bien connus tels que l'effet de l'hypophyse sur l'arrêt de l'ovulation, empêchant ainsi une autre grossesse en compétition ; ou encore la sécrétion d'ocytocine permettant entre-autres la contraction de l'utérus au terme de la grossesse. Mais ce remodelage anatomique du cerveau pose de nouvelles questions. Une des hypothèses des neuroscientifiques serait d'adapter le comportement maternel en vue de l'arrivée du nouveau-né et ainsi permettre une meilleure mise en place du lien mère-enfant. L'attachement est une des

caractéristiques définissant les mammifères par synchronie du comportement et intégration des réseaux corticaux et sous-corticaux impliqués dans les mécanismes de récompense et de motivation. L'attachement est un lien spécifique et durable qui repose sur la recherche de la sécurité afin d'assurer la satisfaction des besoins fondamentaux du nouveau-né. Il existe ainsi une reconnaissance spécifique et un attachement sélectif du parent à son enfant, faisant intervenir des processus multisensoriels (visuels, auditifs...), cognitifs (mémoire, attention, reconnaissance sociale...) et des réponses motrices complexes. De nombreux psychanalystes dont BOWLBY ont défini quatre styles d'attachement de l'enfant avec le parent qui sont les suivants : sécure, insécure évitant, insécure ambivalent et désorganisé (29). Ces derniers se mettent en place tôt dans le post-partum et empruntent plusieurs étapes. BEKHECHI décrit le lien qui se forme entre la mère et l'enfant en deux étapes. La première étant le "bonding", qui s'installerait au cours de la première semaine du post-partum et se caractérisait par des sentiments chaleureux de la part de la mère et la sensation d'un lien unique et spécial avec cet enfant. Sur cette base biologique forte, se construirait la deuxième étape "caregiving" définie par un ensemble de comportements et d'actions génétiquement programmés pour répondre aux besoins de l'enfant et influencés par l'histoire maternelle, c'est un système motivationnel qui forge la sensibilité au besoin d'attachement (30). De nombreuses études prouvent aujourd'hui l'importance d'un attachement parent-enfant sécure pour un développement optimal de l'enfant, d'où l'importance de la compréhension de son mécanisme.

#### **1.4.2. Phénomène neurobiologique**

D'un point de vue neurobiologique, l'attachement est la résultante d'interactions très complexes entre différents neurotransmetteurs et hormones sous l'influence de contraintes génétiques et environnementales. Les changements hormonaux qui accompagnent la maternité sont étroitement liés au rapport de la mère à sa progéniture. En effet, les mères qui ont connu un plus grand attachement vis-à-vis de leur enfant après la naissance ont vu leur rapport œstradiol/progestérone augmenter tout au long de leur grossesse, et à contrario diminuer lorsqu'il y avait un faible attachement (31). Par ailleurs, certaines études ont prouvé qu'une augmentation du taux circulant d'ocytocine pendant la

grossesse est associé à des niveaux plus élevés de liaison maternelle avec leur nourrisson, et suggère même une corrélation avec le réseau de la théorie de l'esprit favorisant ce comportement maternel. Sur le même modèle, l'augmentation du cortisol au début du post-partum est positivement associée à l'attachement mère-enfant (32). Le comportement maternel dans le post-partum impliquant une reconnaissance spécifique des signaux du nouveau-né et entraînant une réponse adaptée à ses besoins, est la résultante de réseaux neuronaux complexes et plastiques. Ceux-ci font partie des systèmes motivationnel et de récompense mettant en jeu notamment les neurones dopaminergiques et l'ocytocine (33).

### **1.5. Problématique - objectifs - plan**

De ce fait, j'ai été amenée à me poser la question suivante : existe-t-il un continuum entre les zones anatomiques cérébrales modifiées pendant la grossesse et celles recrutées pour la mise en place de l'attachement mère-enfant dans le post-partum ?

Mes hypothèses sont :

- Il existe un continuum de la plasticité cérébrale structurelle et fonctionnelle entre la grossesse et le post-partum par l'influence de facteurs hormonaux et environnementaux, visible par des techniques d'exploration cérébrale.
- Les zones anatomiques cérébrales impliquées dans une modification de volume ou d'activité électromagnétique pendant la grossesse sont semblables à celles activées dans le post-partum chez les mères réagissant aux stimuli de leur nouveau-né.

Ce mémoire a pour objectif principal de faire la synthèse des données recueillies concernant la plasticité cérébrale structurelle et fonctionnelle maternelle chez l'Homme, observée par des techniques d'imagerie cérébrale ou d'explorations fonctionnelles, pendant la grossesse et les six mois suivant l'accouchement. Puis à partir de cet objectif, nous pourrions répondre aux objectifs secondaires qui sont de déterminer la base neuroanatomique de l'intégration des informations émotionnelles et sensorielles de la mère vis-à-vis

de son nouveau-né dans le post-partum, et enfin d'identifier les limites des études menées sur ce sujet.

Dans un premier temps, la méthode utilisée pour élaborer cette revue de littérature sera présentée puis les résultats retrouvés dans ces études sélectionnées seront exposés. Enfin, ces résultats seront critiqués et associés aux données de la littérature, menant à une réflexion concernant les possibilités de prévention et de prise en charge des troubles mentaux du post-partum.

## **2. Méthodologie**

Ce mémoire fait l'objet d'une revue de la littérature, dans une approche scientifique de revue critique des articles présents dans la littérature. Cette analyse permet de rassembler, analyser et organiser plusieurs contenus scientifiques afin de proposer une vue globale des avancées scientifiques s'inscrivant dans une démarche de recherche fondamentale. Elle permet aux professionnels de santé d'accéder à une information valide et d'orienter les décisions.

La sélection des articles a été faite selon un schéma de recherche inspiré des œuvres réalisées par des épidémiologistes de renommée internationale en matière de méta-analyse (34).

### **2.1. Sélection des articles**

#### **2.1.1. Moteurs de recherche**

Pour réaliser cette revue de littérature, une recherche bibliographique a été menée sur différents moteurs de recherche entre mars et juillet 2021 :

- MEDLINE via PUBMED
- SCIENCE DIRECT
- PASCAL
- COCHRANE

L'exhaustivité est un des critères impératifs à avoir dans la recherche des études à inclure dans une revue de littérature afin d'éviter un biais de publication. Il est donc nécessaire d'étendre la recherche sur différentes bases de données,

puisque les études ont plus de chances d'être publiées si leurs résultats sont statistiquement significatifs.

### **2.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion**

Des critères d'inclusion et d'exclusion ont été définis afin d'affiner les recherches d'articles. Ainsi, seront retenus les articles :

- Présentant des études en français ou en anglais.
- Publiés après 1980 : en effet, au vue des progrès importants dans le domaine des neurosciences au cours des dernières années, il paraissait peu cohérent de sélectionner des études trop anciennes.
- Réalisés à partir de techniques d'exploration cérébrale (structurelle ou fonctionnelle) (IRM, scanner, EEG/MEG).
- Réalisés dans un délai de six mois dans le post-partum. En effet, la plupart des études réalisées à ce jour sur ce sujet respectent un délai de maximum six mois après l'accouchement pour étudier les répercussions cérébrales de la maternité. Cela s'explique notamment par une volonté de rester dans une fenêtre de temps proche de celle de l'accouchement et ainsi ne pas influencer les résultats par des biais de confusion qui pourraient avoir lieu sur du plus long terme.

A contrario, les critères d'exclusion rejettent les articles qui sont :

- Hors-sujet.
- Écrits dans une autre langue que le français ou l'anglais.
- Publiés avant 1980.
- Réalisés après les six premiers mois du post-partum.
- Tous les articles et rapports de type résumés, lettres de rédaction, éditoriaux/commentaires, actes de congrès, études non publiées ou en cours, études animales, ainsi que les méta-analyses et revues de la littérature.

### **2.1.3. Stratégie de recherche**

La stratégie de recherche sur la base de données PUBMED a consisté en l'utilisation de mots clés regroupés en équations de recherche à l'aide



d'opérateurs booléens afin de cibler la recherche. Certains mots clés correspondent à des termes MeSH (Medical Subject Headings). Deux équations ont ainsi été créées, la première permettant de pointer les articles concernant les modifications cérébrales uniquement au cours de la grossesse ; et la deuxième de dégager les articles mettant en lien la plasticité cérébrale à l'attachement mère-enfant dans le post-partum :

- ("Parental Brain" [tiab] OR "Maternal Brain" [tiab] OR ("Pregnancy" [tiab] AND ("Brain" [tiab] OR "Brain Plasticity" [tiab]))) AND ("Neuroimaging" [Mesh] OR "Neuronal Plasticity" [Mesh] OR "Magnetic Resonance Imaging" [Mesh] OR "Electroencephalography" [Mesh] OR Magnetoencephalography [Mesh] OR "Tomography Scanners" [Mesh])

- ("Postpartum Period" [tiab] OR "Parenting" [tiab] OR "Attachment" [tiab] OR "Bonding" [tiab] OR "Maternal Behavior" [tiab] OR "Maternal-child Nursing" [tiab] OR "Mother-child Relation" [tiab] OR "Object Attachment" [tiab] OR "Maternal Caregiving" [tiab]) AND ("Neuroimaging" [Mesh] OR "Neuronal Plasticity" [Mesh] OR "Magnetic Resonance Imaging" [Mesh] OR "Electroencephalography" [Mesh] OR Magnetoencephalography [Mesh] OR "Tomography Scanners" [Mesh])

Ils ont aboutis respectivement à 35 et 101 articles potentiellement pertinents.

Puis sur la base de données SCIENCE DIRECT, une recherche par mots clés a été effectuée comme suit : ("Parental Brain" OR "Maternal Brain") AND ("Neuroimaging" OR "Neuronal Plasticity" OR "Magnetic Resonance Imaging" OR "Electroencephalography" OR "Magnetoencephalography" OR "Tomography Scanners") aboutissant à 24 articles intéressants.

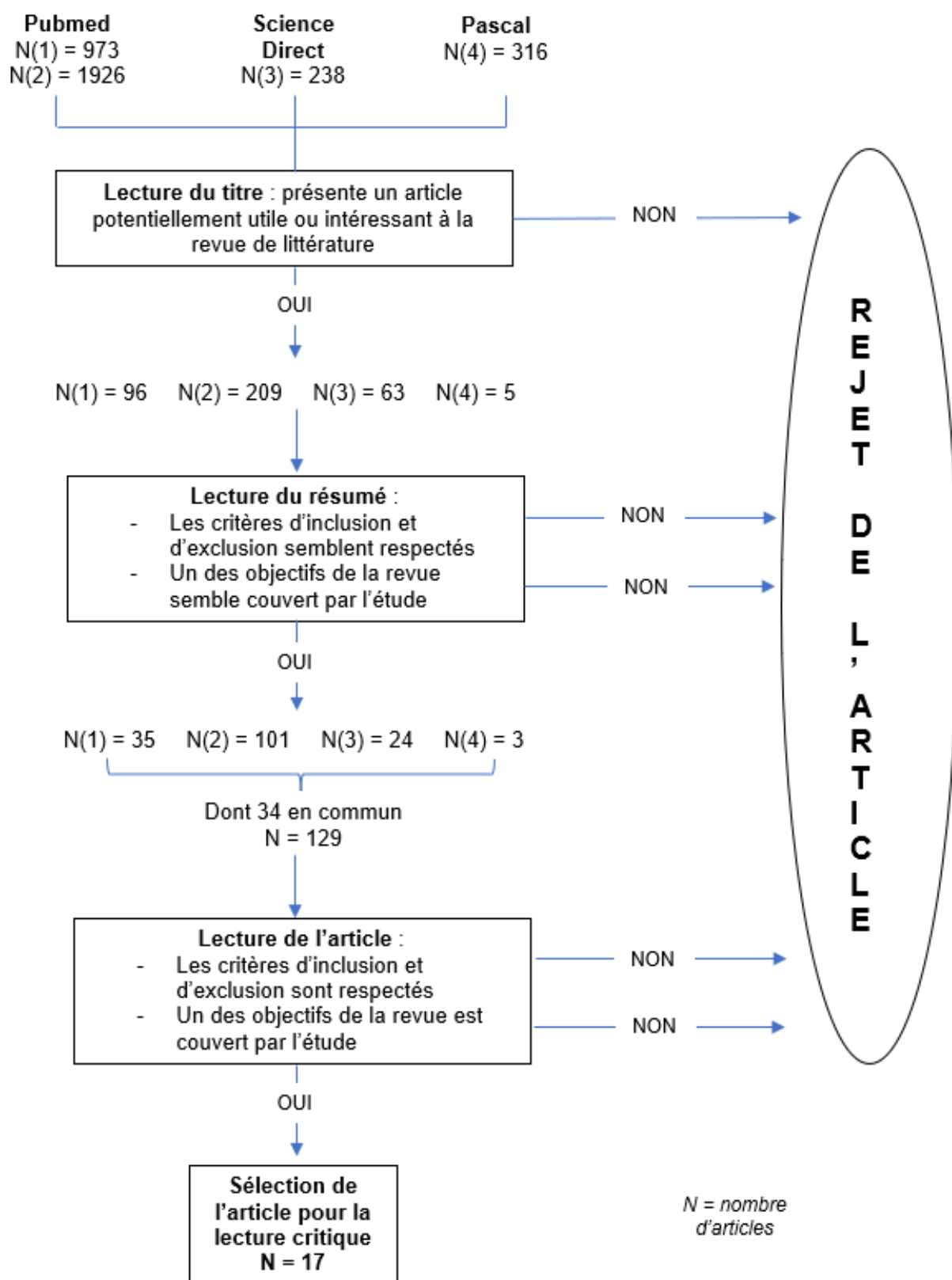
Par ailleurs, une recherche sur PASCAL a été pratiquée, par mots clés spécifiques à ce moteur de recherche : ("Maternal brain" OR "Parental brain") AND ("Neuroimaging" OR "Magnetic Resonance Imaging" OR "Electroencephalography") aboutissant à 3 articles retenus.

Et enfin, une recherche sur la base de données COCHRANE a été réalisée, toujours dans le but d'éviter un biais de publication et de couvrir un

maximum de littérature grise. Cette recherche n'a malheureusement pas été productive.

Inéluctablement, il y avait des redondances parmi les recherches effectuées (34 articles en commun).

Pour toutes ces recherches sur les différentes bases de données bibliographiques, la sélection des articles intégrant la revue de littérature a été effectuée selon un algorithme prédéfini, qui est le suivant. Tout d'abord, la lecture du titre définissait l'article comme intéressant ou non pour la revue, c'est-à-dire s'il paraissait s'approcher de loin ou de près à mon sujet. Ensuite, la lecture du résumé de l'article permettait d'affirmer ou non le respect des critères énoncés sur le schéma ci-dessous. Enfin, une lecture complète de l'article a été entreprise visant à s'assurer des critères d'inclusion et d'exclusion et de sa pertinence globale pour la lecture critique dans la revue de littérature. Au total, 17 articles ont été inclus dans cette revue de littérature.



### 2.1.4. Impact Factor

L'Impact Factor est un indice qui permet d'estimer la visibilité d'une revue scientifique. Ainsi, un journal avec un impact factor plus élevé est généralement considéré plus important qu'un journal avec un impact factor plus faible. Il correspond au nombre moyen de citations des articles de cette revue. Il est très influent dans les publications scientifiques puisqu'il sert de critère d'évaluation quantitatif. Ci-dessous les Impact Factor de chaque revue dont sont issus les articles sélectionnés. Ils sont indexés dans le *Journal Citation Report* et sont publiés tous les ans.

Nom de la revue	Impact Factor 2021
<i>Nature Neuroscience</i>	24.8
<i>Biological Psychiatry</i>	13.3
<i>Radiology</i>	11.1
<i>Journal of the American Academy of Child &amp; Adolescent Psychiatry</i>	8.8
<i>NeuroImage</i>	6.5
<i>Brain Structure and Function</i>	6
<i>Child Development</i>	5.8
<i>Development Science</i>	5.1
<i>Human Brain Mapping</i>	5
<i>Psychoneuroendocrinology</i>	4.9
<i>Journal of Neuroscience</i>	4.1
<i>Journal of Neuroendocrinology</i>	3.6
<i>Behavioral Brain Research</i>	2.9
<i>Brain and Cognition</i>	2.3
<i>Infant Behavior and Development</i>	2.3
<i>Behavioral Neuroscience</i>	1.9

### 2.2. Analyse des articles

Les articles inclus ont été analysés par lecture du texte intégral. L'ensemble des données a été rassemblé sous forme de tableau selon leurs différentes caractéristiques :

- Titre et auteurs
- Année de l'étude et pays de publication
- Revue de publication
- Critères d'inclusion et d'exclusion
- Effectifs inclus dans l'étude
- Technique d'exploration cérébrale utilisée

(Annexes 1 et 2).

### **3. Résultats**

#### **3.1. Impact de la grossesse sur le cerveau**

Tout d'abord, les chercheurs ont analysé les changements de volume dans le cortex cérébral de manière générale. Comme démontré ci-dessus, les hormones ont un rôle capital dans la plasticité cérébrale et s'exercent à des moments de vie charnières comme à l'adolescence. C'est ainsi que Carmona et al. (4) ont comparé les modifications cérébrales chez les adolescentes et des primipares juste après leur grossesse. Dans les jours suivant la naissance, les femmes présentaient une réduction du volume total cérébral significative estimée à 0.09% de millimètres cubes par mois comparé aux femmes adultes non mères. Cette réduction était décomposée en diminution du volume, de l'épaisseur et de la superficie corticale. La grossesse a également entraîné des changements importants dans la morphologie des sillons en particulier une diminution de leur épaisseur, de leur surface et de leur profondeur. Remarquablement, les comparaisons entre les mères et les adolescentes n'ont donné aucun résultat significativement différent, les deux groupes étaient donc concernés par la même plasticité cérébrale. Cela montre que comme l'adolescence, la Matrescence a un impact significatif sur la plasticité cérébrale. Une fois de plus, cette étude suggère l'impact cérébral du profil hormonal.

Ensuite, les études ont essayé de déterminer quelles régions cérébrales étaient impactées par cette plasticité. HOEKZEMA et al. (1) ont observé une diminution significative du volume du striatum ventral de 7% et 26% respectivement pour le striatum gauche et droit dans les jours suivants l'accouchement, comparé aux mesures faites en préconceptionnel. Il est essentiel de noter que le striatum est une structure nerveuse très impliquée dans les systèmes motivationnel et de récompense (35). Cette restructuration permettrait, selon les chercheurs, une spécialisation de ces systèmes qui favoriserait la réactivité du cerveau maternel face aux signaux du nouveau-né. Ce résultat est soutenu par LUO et al. (2) qui ont également constaté une diminution du volume au niveau du noyau caudé, structure cérébrale composant le striatum, avec le putamen et le noyau accumbens.

Les études de LUO et al. (2) et HOEKZEMA et al. (3) sont très similaires en termes de résultats. En effet, elles ont toutes deux retrouvé une diminution

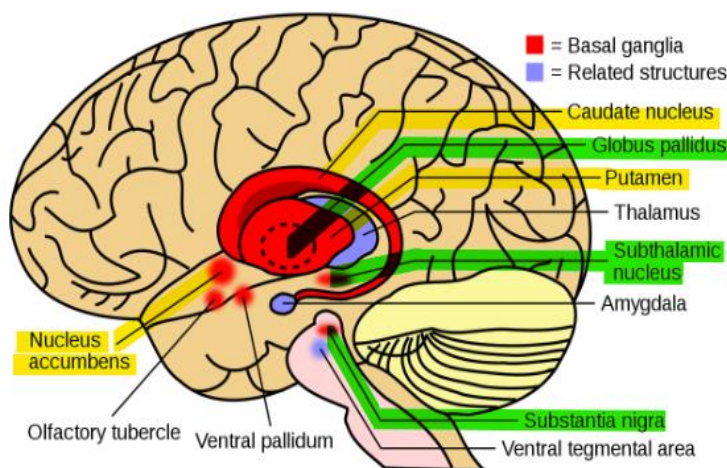
significative d'environ 10% du volume cortical des femmes juste après leurs grossesses, d'une part au niveau du cortex frontal, notamment les gyri frontaux supérieur et inférieur, et d'autre part au niveau du cortex cingulaire. Des auteurs suggèrent que les parties postérieures du lobe préfrontal et du gyrus cingulaire seraient impliquées dans l'analyse de l'environnement extérieur et l'expression d'émotions négatives, tandis que leurs parties ventrales joueraient un rôle régulateur dans la réponse émotionnelle (36). D'autres structures cérébrales étaient atteintes par une diminution de volume dans l'étude de LUO et al. (2) : le gyrus postcentral, le gyrus occipital inférieur et le lobule pariétal inférieur ; et d'autres dans l'étude de HOEKZEMA et al. (3) : le précunéus et le cortex temporal. Des études ont montré que des taux élevés d'œstradiol chez les adolescentes se sont avérés prédire un plus grand amincissement cortical et une perte de volume de matière grise dans les mêmes régions cérébrales que montrées ci-dessus (37). D'autre part, une analyse multivariée a été effectuée en utilisant les critères de la "*Maternal Postnatal Attachment Scale*" et indiquait que les changements de volume de matière grise s'effectuant au cours d'une grossesse prédisent de manière significative la qualité de l'attachement mère-enfant dans le post partum et l'absence d'hostilité envers leur nouveau-né (3). Dans cette étude il existait donc une corrélation négative entre la perte de volume de matière grise dans certaines régions cérébrales et leurs activations en réponse aux stimuli des nouveau-nés. C'est à dire que plus les régions cérébrales perdaient de volume de matière grise pendant la grossesse, plus celles-ci montraient une forte activité face à un stimulus du nouveau-né (sept fois plus de chevauchement que prévu sur la base d'une distribution aléatoire). Par ailleurs, LUO et al. (2) ont remarqué que les index pulsatiles de l'artère cérébrale moyenne droite et de l'artère cérébrale antérieure gauche étaient significativement plus faibles chez les femmes enceintes, comparés à un groupe de contrôle nulligeste. L'index pulsatile est un indicateur de l'élasticité vasculaire, ainsi sa diminution traduit une résistance cérébro-vasculaire et donc une augmentation du débit sanguin cérébral. Cette différence est un marqueur de l'influx sanguin destiné aux régions cérébrales irriguées par ces deux artères, et peut signifier une plus forte activité cérébrale. Mais cette étude ne s'est pas intéressée au potentiel lien avec l'attachement mère-enfant.

Une autre étude s'est intéressée à une glande endocrine très connectée au cerveau : l'hypophyse. ELSTER et al. (7) ont étudié les changements de taille et de forme de l'hypophyse au cours d'une grossesse et les six premiers mois du post-partum. Ils ont conclu que la hauteur et la convexité de la glande pituitaire augmentait avec l'âge gestationnel (coefficient de corrélation à 0.74, significatif à  $p = 0.0006$ ), avec un maximum atteint dans la première semaine du post-partum. Il s'est avéré que la taille de l'hypophyse devenait plus petite dans le post-partum qu'en préconceptionnel. Des études anatomopathologiques ont montré que la progressive croissance de l'hypophyse pendant la grossesse était due à l'expansion en taille et en nombre des cellules lactotropes, augmentant ainsi le poids de cette glande de 30 à 100%. L'hypertrophie des cellules lactotropes était associée à l'augmentation progressive du taux d'œstrogènes durant la grossesse (38). Encore une fois, on retrouve aussi ce phénomène chez les adolescentes (37).

### 3.2. Modifications cérébrales pendant le post-partum

#### 3.2.1. Noyaux gris centraux

Les noyaux gris centraux sont constitués de regroupements de neurones situés profondément dans le cerveau, reliés entre eux et avec le cortex cérébral pour former des boucles cortico-sous-corticales. Au sens fonctionnel, ils sont composés du striatum (lui-même organisé en noyau caudé, putamen et noyau accumbens), de globus pallidus (incluant le noyau lenticulaire), des noyaux sous thalamiques et de la substance noire.



*Basal ganglia (noyau gris centraux) and related structures. Wikimedia Commons.. **Striatum***

Tout d'abord, le striatum de la mère est concerné par une activation spécifique face à un stimulus de l'enfant dans le post-partum, comme le montre l'étude de HOEKZEMA et al. (1), notamment du côté droit du noyau accumbens. Ils suggèrent qu'une diminution plus importante du striatum ventral droit pendant la grossesse serait davantage liée au recrutement de cette structure en réponse au stimulus du nouveau-né. Ce résultat est en accord avec l'étude de ATZIL et al. (17) qui retrouve une activation plus large du striatum, englobant le noyau lenticulaire droit et le noyau caudé droit. De plus, ils ont remarqué que le taux d'ocytocine plasmatique était positivement corrélé à l'activation limbique chez les mères, entre autres au niveau du noyau accumbens. Certaines études ont utilisé des questionnaires d'évaluation de l'attitude maternelle qu'ils ont mis en lien avec les résultats d'IRM. C'est le cas de l'étude de KIM et al. (10) qui a découvert qu'une perception positive de la mère à l'égard de son nouveau-né, évaluée à partir de deux questionnaires (*BDI : Beck Depression Inventory ; YIPTA : Yale of Parental Thoughts and Actions*), prédisait de manière significative le changement de volume de matière grise entre l'IRM à 4 semaines et à 4 mois du post-partum au niveau notamment de la substance noire.

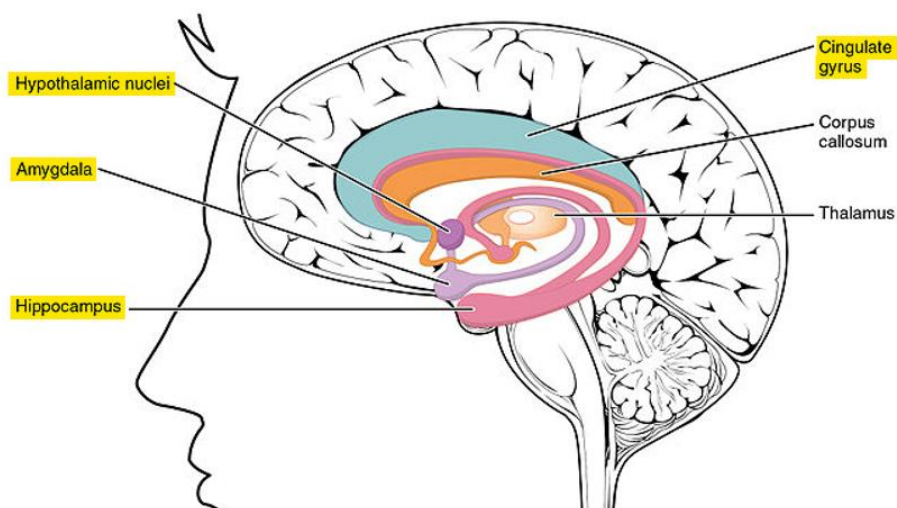
Ces résultats sont à contraster avec d'autres études qui ont regardé la connectivité fonctionnelle au cours du post-partum. La connectivité fonctionnelle est l'analyse en IRM fonctionnelle de repos, c'est-à-dire en l'absence de tout stimulus, des oscillations neuronales synchrones. Il existerait une activité cérébrale intrinsèque, organisée en réseau, reflétant les états émotionnels et comportementaux comme la personnalité (39). DUFFORD et al. (12) ont analysé la corrélation entre la connectivité fonctionnelle et la chronologie du post-partum. Ils ont découvert que le post-partum tardif était associé à une plus grande connectivité fonctionnelle entre l'amygdale, le caudé et le pallidum bilatéralement. Ils ont également remarqué une association significative positive entre la connectivité fonctionnelle de l'amygdale gauche et du noyau accumbens gauche, et la sensibilité maternelle déterminée par des questionnaires type BDI pour évaluer le taux d'anxiété et la disponibilité émotionnelle. La plasticité cérébrale maternelle au niveau des noyaux gris centraux ne serait donc peut être pas spécifique à la réponse cérébrale aux stimuli de l'enfant, mais simplement une adaptation du post-partum. Cette étude montre donc dans une certaine mesure - ou du moins le propose - que ces zones cérébrales fonctionnent séparément et ensemble pour moduler le comportement maternel. La



neuroimagerie suggère que le caudé et le putamen jouent un rôle dans la motivation/récompense. Par exemple, les mères qui ont une dépression post-partum ont un noyau caudé, un noyau accumbens et un thalamus médial avec une plus petite activité en écoutant les pleurs de leurs enfants (40).

### 3.2.2. Système limbique

Le système limbique est une des plus anciennes structures cérébrales. Il est considéré comme le siège des émotions, représentant le dialogue entre le cerveau et le corps. Anatomiquement, il est représenté par de grandes structures comme l'hippocampe, l'hypothalamus, l'amygdale, l'insula et le cortex cingulaire.



*The limbic lobe. Anatomy and Physiology.*

Dans l'étude de LORBERBAUM et al. (8), ils ont remarqué une activation de l'amygdale droite et du cortex cingulaire au niveau du cerveau maternel face au cri d'un enfant. Ils ont observé que le cortex cingulaire s'activait face au cri de l'enfant de la même manière qu'aux bruits blancs mais pas face à l'absence de bruit, ce qui pourrait s'expliquer par une simple réponse (non spécifique) à la perception auditive. Certains circuits neuronaux tels que celui impliquant l'attention sélective et le comportement de recherche peuvent non seulement être importants dans la réponse maternelle aux pleurs mais aussi importants en réponse à des stimuli non sociaux et nouveaux comme les bruits blancs. Pour soutenir cette hypothèse, KIM et al. (10) ont retrouvé une augmentation de

volume de l'insula et du cortex cingulaire dans le post-partum. Bien que la relation entre le volume et l'activité cérébrale ne soit pas établie, ce sont des éléments importants qui ressortent de ces études. Il y avait là aussi une relation entre la perception positive de la mère envers son enfant et le changement de volume de matière grise entre quatre semaines et quatre mois du post-partum au niveau de l'hypothalamus et de l'amygdale. De plus, ATZIL et al. (17) ont retrouvé une association positive entre le taux plasmatique d'ocytocine et l'activation du cortex cingulaire antérieur chez la mère. Il est important de noter que l'insula et le gyrus cingulaire forment ce qu'on appelle le réseau de saillance, qui est impliqué dans la détection et le filtrage des stimuli saillants, qui invoque la concurrence, ainsi que le recrutement de réseaux fonctionnels pertinents. Ainsi, cela aiderait les mères à répondre aux signaux du nourrisson et faciliterait un comportement approprié en matière de soins (41).

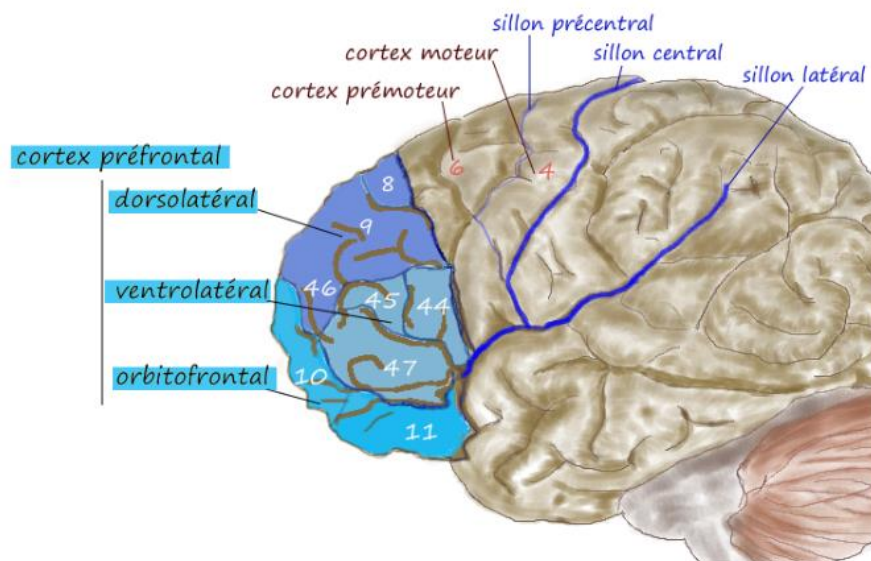
L'étude de ELMADIH et al. (13) a étudié l'activation BOLD (Blood-Oxygen-Level Dependent) en IRM chez des femmes ayant une sensibilité maternelle élevée et faible, calculée à partir du questionnaire EPDS (*Edinburgh Postnatal Depression Scale*) et du *Hospital Anxiety and Depression rating Scale*. Le signal BOLD est le signal reflété par les variations de quantité d'oxygène en fonction de l'activité neuronale du cerveau. C'est-à-dire que plus la réponse BOLD est importante, plus l'activité cérébrale est importante. Ils sont partis du principe que le taux de sensibilité maternelle reflétait la qualité de l'interaction globale mère-enfant. Des études antérieures considéraient la sensibilité maternelle comme la réponse appropriée de la mère aux signaux émotionnels de son enfant en y prêtant attention de manière différentielle. En adéquation avec les résultats antérieurs, les mères avec une sensibilité maternelle élevée ont montré une réponse BOLD significativement meilleure comparée aux mères avec une faible sensibilité maternelle en réponse à une vidéo de leur propre enfant versus un enfant inconnu, notamment au niveau de l'insula droite, du gyrus parahippocampique gauche et de l'uncus (extrémité antérieure du gyrus parahippocampique). Dans la même idée, KIM et al. (15) ont analysé des IRM par VBM (Voxel Based Morphometry) et BOLD en réponse au cri de leur enfant durant le premier mois du post-partum et ont mis les résultats en comparaison avec leur perception de la qualité de soin maternel (*PMC : perceived maternal care*) basé sur le PBI (*Parental Bonding Instrument*) et le BDI (42). Les mères

avec un PMC plus faible montraient une meilleure activation cérébrale au niveau de l'hippocampe gauche en réponse au cri de l'enfant, comparé aux mères avec un PMC élevé. Ceci était expliqué ici comme une manifestation des différences de niveau de stress maternel face au cri de l'enfant. Au final, les volumes de matière grise de chaque région VBM étaient significativement corrélés avec la réponse BOLD et la réponse au cri de l'enfant (uniquement pour les mères à PMC élevé). Les chercheurs insistent donc sur le rôle de ces structures cérébrales dans l'intégration émotionnelle des stimuli de l'enfant (43). Ainsi, ce remodelage pourrait aider ces mères à répondre de manière plus sensible aux signaux émotionnels de leur enfant. Cela passe aussi par une bonne représentation des états mentaux et des intentions d'autrui, impliquant de nombreuses structures cérébrales évoquées dans cette étude. (44).

Une autre étude similaire (HIPWELL et al. (16)) a examiné les réponses cérébrales maternelles en IRM face à un stimulus auditif d'un enfant. Ils ont remarqué que le cri du propre enfant versus un enfant inconnu était associé à une augmentation de la réponse BOLD dans un cluster englobant notamment le cortex fronto-insulaire droit. Ces activations étaient positivement corrélées à la mentalisation du comportement maternel. Ainsi, ces résultats soulignent l'importance du chevauchement fonctionnel entre le réseau de la mentalisation maternelle déterminé ici, et le réseau de la mentalisation générale (45) notamment au niveau du cortex fronto-insulaire droit. Cela suggère qu'il existe une réponse empathique, affective et perceptuelle spécifique qui motive la mentalisation maternelle dans le post-partum et laisse à penser que le cortex frontal joue également un rôle dans le post-partum...

### **3.2.3. Cortex frontal**

Le lobe frontal est subdivisé en trois grandes structures depuis le sillon central jusqu'au pôle frontal : le cortex moteur, le cortex prémoteur et le cortex préfrontal. Ce dernier est composé du cortex préfrontal dorsolatéral, ventrolatéral, orbitofrontal et médial. Le cortex frontal est connu pour intervenir dans la planification, le raisonnement, le langage et le mouvement volontaire.



*Cortex préfrontal. Wikimedia Commons.*

Plusieurs études dans le post-partum ont rapporté une activation du cortex préfrontal face à un stimulus auditif d'un enfant (LORBERBAUM et al. (8)) ou une augmentation de matière grise (KIM et al. (10)). Il en est de même dans l'étude de KIM et al. (15) où les mères avec un PMC plus élevé ont montré une meilleure activation BOLD dans le cortex préfrontal dorsolatéral. A l'inverse, les mères avec un PMC plus faible n'avaient pas de différence d'activation BOLD face au cri de leur enfant. Le cortex orbitofrontal semble également jouer un rôle dans le post-partum (8). C'est ce qu'ont étudié NITSCHKE et al. (14) en neuroimagerie. Ils ont évalué l'activation du cortex orbitofrontal face à une photo d'enfant en lien avec l'humeur des femmes en post-partum. Ils ont remarqué que les mères ont évalué leur humeur comme étant plus agréable et qu'il y avait une activation bilatérale du cortex orbitofrontal significativement plus élevée après avoir vu leur propre nourrisson qu'après avoir vu un nourrisson inconnu. Les chercheurs ont trouvé une corrélation entre ces deux données, afin de dire que l'activation du cortex orbitofrontal était corrélée positivement à une humeur agréable. Cette étude suggère donc que le cortex orbitofrontal joue un rôle dans le décodage des stimuli affectifs du nouveau-né à sa mère.

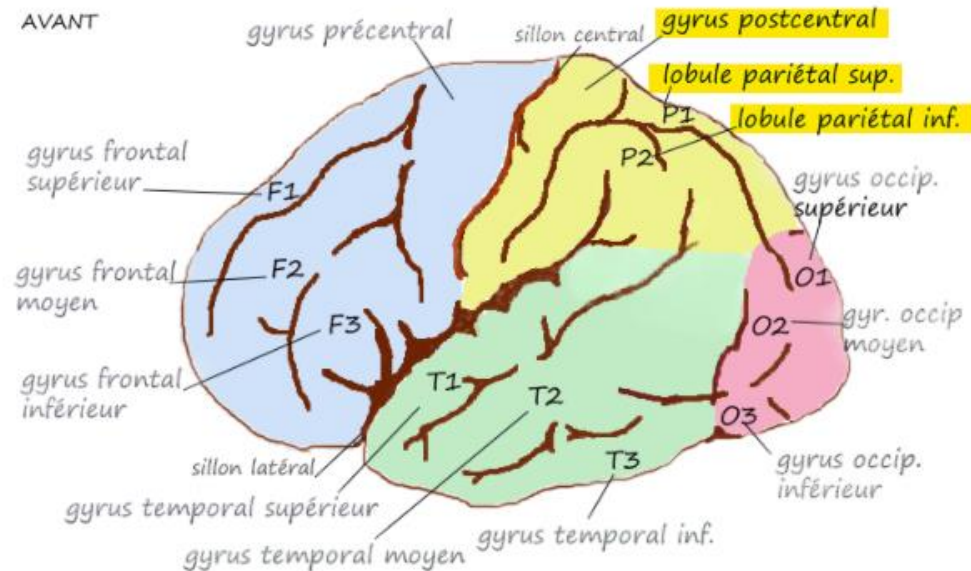
Quelques études ont fait ressortir l'importance des gyri frontaux dans le post-partum. D'une part KIM et al. (9) ont trouvé une corrélation entre les mois du post-partum et l'épaisseur corticale des gyri frontaux dans les deux hémisphères. Dans l'hémisphère gauche, une plus grande épaisseur corticale a

été retrouvée entre-autres dans le gyrus frontal supérieur. Dans l'hémisphère droit, l'épaisseur corticale a augmenté au niveau du gyrus frontal supérieur et moyen (y compris le gyrus précentral). Par ailleurs, aucune région n'a été identifiée pour montrer une diminution de l'épaisseur corticale au cours des premiers mois du post-partum. Les recherches ont mis en évidence le rôle important du cortex préfrontal dans la parentalité. En effet, cette région a des connexions anatomiques directes aux régions sous-corticales qui sont impliquées dans la motivation maternelle et l'intégration de la récompense et des informations sensorielles (46). Par exemple, chez les rongeurs, des lésions du cortex frontal conduisent à des déficits de la sensibilité maternelle (47).

D'autre part, cette étude montre une association positive entre l'épaisseur corticale et l'auto-efficacité parentale dans trois clusters du cortex préfrontal : le gyrus frontal supéro-médial, le gyrus frontal supérieur droit et le gyrus frontal moyen caudal droit. L'auto-efficacité implique des processus cognitifs de haut niveau, y compris la métacognition en lien avec les fonctions du cortex préfrontal, pouvant faire imaginer un remodelage morphologique pour soutenir les compétences parentales dans le post-partum. D'autre part, les études de ELMADIH et al. (13) et HIPWELL et al. (16) ont toutes les deux montré une activation BOLD en IRM dans le gyrus frontal inférieur en réaction aux vidéos ou aux cris des propres enfants versus enfants inconnus. De la même manière, KIM et al. (15) a montré que les mères avec un PMC plus élevé ont montré un volume de matière grise significativement plus grand dans les gyri frontaux, et une meilleure activation BOLD dans le gyrus précentral. Ce dernier est un gyrus de la face latérale du lobe frontal.

### 3.2.4. Cortex pariétal

Le cortex pariétal est composé anatomiquement du gyrus post-central, du lobule pariétal supérieur et du lobule pariétal inférieur. Ces deux derniers forment le cortex pariétal postérieur.



*Lobe pariétal. Wikimedia Commons.*

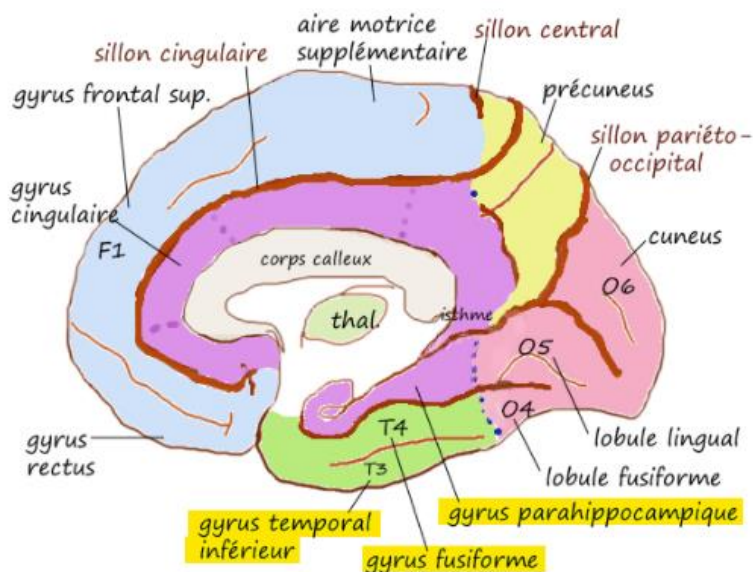
Les études ont retrouvé une augmentation du volume de matière grise par augmentation de l'épaisseur corticale au cours des premiers mois du post-partum au niveau du gyrus temporal inférieur (9) (10) (15). Par ailleurs, ATZIL et al. (17) pointent que le taux d'ocytocine plasmatique est corrélé positivement à l'activation du lobule pariétal inférieur chez la mère face à une vidéo de leur enfant. Sur la surface du cortex pariétal, on retrouve le précuneus au niveau de la face interne du lobe pariétal. Le précuneus était concerné par une augmentation de volume de matière grise dans le post-partum (Kim et al. (10)) et par une meilleure activation BOLD (HIPWELL et al. (16)).

D'un point de vue fonctionnel, HOEKZEMA et al. (3) ont analysé les résultats d'EEG dans un groupe témoin versus un groupe de femmes enceintes entre 37 et 39 semaines d'aménorrhée. Il en ressort une augmentation de l'activité électrique du cerveau chez les femmes enceintes principalement dans la région pariétale centrale. Cette étude a également révélé une augmentation des ondes bêta 1 et 2 de manière significative dans les régions cérébrales centrales pendant la grossesse, qui peut se traduire par un état de stress ou

d'excitabilité. Dans la même idée, RUTHERFORD et al. (6) ont analysé les potentiels positifs tardifs (PPT) des EEG de patientes pendant leur grossesse face à des nourrissons présentant différentes émotions. Le PPT est une composante ERP (Event-Related Potential) qui fournit une mesure neuronale du traitement émotionnel (48) et est souvent prononcé sur les sites d'enregistrement centro-pariétal. Dans cette étude le PPT moyen provoqué par un visage de nourrisson en détresse était plus grand que le PPT moyen provoqué par un visage de nourrisson neutre. Contrairement à leur hypothèse, une régression linéaire multivariée a montré qu'une augmentation du PPT chez la mère face à un visage neutre d'enfant durant la grossesse prédit une plus grande tendance à la pré-mentalisation à trois mois du post-partum. La pré-mentalisation est un fonctionnement réflexif parental qui fait référence à la capacité des parents à reconnaître et à réfléchir sur les pensées et sentiments de leur enfant, et d'utiliser ces connaissances pour faciliter leur compréhension de son comportement pour guider leurs soins (49).

### 3.2.5. Cortex temporal

Le lobe temporal est le siège de nombreuses circonvolutions dont beaucoup sont repérées en IRM dans le post-partum. Sur la face latérale du lobe temporal, on retrouve le gyrus temporal supérieur, moyen et inférieur ; et sur la face ventrale le gyrus fusiforme et parahippocampique.



Face inféro-interne de l'hémisphère droit. Wikimedia Commons.

Les études ont montré une augmentation de l'épaisseur corticale en post-partum au niveau du gyrus temporal inférieur (KIM et al. (9)(10)), une augmentation du volume de matière grise du gyrus temporal supérieur (KIM et al. (10)). ELMADIH et al. (13) et KIM et al. (15) ont mis ce résultat en lien respectivement avec la sensibilité maternelle et le PMC. Ces deux études ont observé que les réponses cérébrales BOLD étaient significativement meilleures chez les mères avec une sensibilité maternelle ou un PMC élevé, au niveau du gyrus temporal supérieur. ATZIL et al. (17) rapportent également une activation spécifique du cortex temporal chez la mère face à une vidéo de leur enfant, corrélée positivement au taux plasmatique d'ocytocine. Le gyrus fusiforme est une structure qui est souvent ressortie au cours de ces études. En effet, ATZIL et al. (17) montrent une activation du gyrus fusiforme droit maternel face à un stimulus visuel de l'enfant. Ce résultat est soutenu dans l'étude de KIM et al. (15) où on retrouve une meilleure activation BOLD chez les mères avec un PMC plus élevé. Ceci est en accord avec l'augmentation de l'épaisseur corticale au cours des premiers mois du post-partum dans le gyrus fusiforme signifié par KIM et al. (9). Ainsi, le rôle du cortex temporal notamment au niveau du gyrus fusiforme jouerait sensiblement un rôle dans l'interaction mère-enfant.

Ces résultats sont à modérer avec ceux de l'étude de HOEKZEMA et al. (3) où une diminution de l'activité électrique a été observée dans le lobe temporal et la jonction temporo-pariétale. Par ailleurs, DUDEK et al. (5) ont comparé les résultats d'EEG face à des images d'enfants chez des femmes au troisième trimestre de leur grossesse puis 3 à 5 mois après l'accouchement. Ils se sont particulièrement intéressés à deux composantes : le pique initial (P1) qui est une réponse sensorielle obligatoire d'un stimulus visuel mais peu spécifique émotionnellement ; et le P2 qui est souvent distribué dans les zones centro-frontale et pariéto-occipitale face à un stimulus visuel, les dernières recherches lui attribuent un rôle dans le système d'appariement cognitif qui compare les entrées émotionnelles avec la mémoire stockée. Ils ont trouvé une variabilité interindividuelle significative dans les changements en P1 et P2 en réponse aux visages des enfants entre les deux EEG. Ces changements étaient associés à l'attachement mère-enfant. En effet, plus les patientes augmentaient leur réponse en P1 et P2 entre les deux EEG, plus elles avaient tendance à rapporter une meilleure liaison avec leur nourrisson dans le post-partum (basé sur des



questionnaires de type EPDS et *Postpartum Bonding Questionnaire*). Ces changements sont spécifiques à la composante P1 au niveau des aires occipito-temporales, et la composante P2 aux sites centraux. Ces derniers sont reconnus pour intervenir dans les processus d'attention et spécifiquement l'attention précoce sélective à un stimulus émotionnel. Les auteurs ont traduit cette sensibilité accrue comme bénéfique pour les soins maternels, peut-être en aidant une mère à interpréter les signaux de son nouveau-né.

Ces résultats sont soutenus par ceux de ESPOSITOA et al. (11) qui ont étudié les effets des visages des nourrissons sur les potentiels cérébraux à ondes rapides et lentes dans différentes fenêtres temporelles chez les mères afin d'explorer les différentes étapes du traitement par les mères des stimuli de leur enfant. Comme hypothétisé, les visages des propres nourrissons par rapport aux nourrissons inconnus ont suscité une activité cérébrale différente dans les domaines de fréquence. Les réponses aux visages des propres enfants étaient caractérisées par une puissance delta et thêta inférieure aux sites temporels. Les oscillations delta dépendent de l'activité des systèmes de motivation et sont associées à la détection de l'éveil. Les oscillations thêta quant à elles sont impliquées dans la mémoire et les émotions. Ce sont toutes les deux des ondes lentes provenant de structures corticales et sous corticales profondes liées à l'éveil (50). De nombreuses études rapportent que le gyrus temporal inférieur est impliqué dans la reconnaissance et la réponse sélective des visages. La désynchronisation de l'EEG, c'est-à-dire la diminution de puissance, peut résulter d'une augmentation de l'excitabilité des cellules corticales et donc être interprétée comme une activation corticale associée au traitement d'une tâche (ici, la reconnaissance d'un visage familier). En bande fréquence gamma, les réponses des mères étaient plus fortes face à au visage du nourrisson entre 0 et 100 ms. Ce résultat suggère que les nouveaux visages peuvent se différencier très tôt des visages connus. À noter que la bande gamma est associée à une grande variété de processus cognitifs mais plus spécifiquement dans la mémoire et la conscience, c'est une onde rapide, provenant du manteau néo-cortical et impliquée dans des fonctions cognitives et régulatrices élevées (51).

### 3.2.6. Cortex occipital

Le cortex occipital est connu pour être le centre visuel du cerveau. Les études font ressortir les gyri qui sont en son siège. En effet, il y avait une augmentation de l'épaisseur corticale au niveau du gyrus occipital latéral au cours des six premiers mois du post-partum chez des primipares dans l'étude de KIM et al. (9). Par ailleurs, HIPWELL et al. (16) ont remarqué une augmentation de la réponse BOLD dans le cortex occipital inférieur moyen d'une mère face au cri de son propre enfant versus le cri d'un enfant inconnu. Cette activation était positivement corrélée à la mentalisation du comportement maternel.

#### 4. Discussion

L'approche que je souhaite donner à cette discussion est de considérer l'anatomie cérébrale qui sous-tend la maternité comme moteur de certains systèmes psychologiques essentiels dans la maternité et plus particulièrement dans l'attachement maternel.

La neuro-anatomie du comportement maternel animal a essentiellement été étudiée sur des rats, moutons et primates (52), et est étonnamment similaire entre les espèces. La plupart de ces travaux se sont concentrés sur l'aire préoptique médiane de l'hypothalamus et ses projections vers le mésencéphale (dont l'aire tegmentale ventrale), le cerveau postérieur (substance grise periaqueducal), les systèmes sensoriels et limbiques. Il a été démontré que l'aire préoptique médiane de l'hypothalamus contient des récepteurs pour les hormones impliquées dans le comportement maternel, dont l'œstradiol, la progestérone, la prolactine, l'ocytocine, la vasopressine et les opioïdes. En parallèle, les neurones qui se projettent sur l'aire préoptique médiane sont aussi impliqués dans des changements comportementaux, y compris des changements dans l'affect maternel (amygdale, striatum, noyau accumbens), le système de saillance, l'attention et la mémoire. Les modèles animaliers nous offrent beaucoup d'informations sur les régions clés du circuit cérébral maternel mais nous savons que le cerveau et le comportement de l'humain sont nettement plus complexes. Devenir mère nécessite une coordination entre plusieurs systèmes comportementaux dans les domaines des sensations, des émotions, de la motivation, des fonctions exécutives, et de l'apprentissage. Lors d'une interaction mère-enfant, la mère reçoit beaucoup de stimuli sensoriels à propos de son enfant : son physique, ses cris, ses odeurs etc, et essaie d'y répondre à travers les soins qu'elle lui prodigue. En premier lieu, je vais tenter de mettre en lien les grands complexes cérébraux modifiés au décours de la grossesse et du post-partum avec les systèmes neuronaux qui sont particulièrement importants dans le contexte de la maternité : le comportement social, le système de récompense, les fonctions exécutives et le réseau de saillance. Ensuite, j'attacherai de l'importance à nuancer mes propos en expliquant les grandes limites des études de la revue, et de la revue elle-même. Enfin, j'aimerai proposer des pistes de réflexion pour de futures recherches sur le cerveau maternel.

## **4.1. Construction cérébrale de la maternité**

### **4.1.1. Le comportement social/théorie de l'esprit**

L'étude du comportement social et des relations (dont l'attachement fait partie) concerne nos perceptions et nos interactions avec autrui. Dans les études d'IRM fonctionnelles décrites précédemment, les régions cérébrales maternelles activées face à un stimulus de son enfant sont celles généralement impliquées dans la perception et la régulation des émotions, l'initiation d'une action, la valence et la saillance d'un stimulus. Elles sont aussi connues pour contenir des récepteurs d'hormones qui sont importantes dans le comportement social : l'ocytocine et la vasopressine (53).

En étudiant les différents concepts théoriques de l'attachement du point de vue du comportement social, il en ressort la notion de théorie de l'esprit. Cette dernière est définie comme étant la capacité à se représenter l'état émotionnel d'autrui afin d'expliquer un comportement, en faisant la distinction avec ses propres émotions. Un aspect du raisonnement de la théorie de l'esprit est qu'il est possible de comprendre les états internes d'un individu en simulant son expérience au niveau neuronal par l'intermédiaire des neurones miroirs (54). Cela permettrait à la mère de déduire ce que son enfant ressent dans le but de lui prodiguer des soins adaptés. Il est à noter que HOEKZEMA et al. (3) ont retrouvé un chevauchement entre les zones cérébrales impactées par une plasticité pendant la grossesse et le réseau neuronal sous-jacent à la théorie de l'esprit. Les études d'IRM convergent sur le constat que les mères présentent une activation des réseaux d'empathie et de la théorie de l'esprit : cortex préfrontal, striatum, insula, thalamus et substance grise périaqueducule. Certaines études ont cherché à expliquer le rôle du système ocytocinergique dans la plasticité développementale et reproductive du cerveau social. Une étude a démontré qu'un taux élevé d'ocytocine plasmatique durant le troisième trimestre de grossesse prédisait une meilleure performance du réseau de la théorie de l'esprit durant le post-partum, et diminuait les comportements maternels dépressifs. Ces résultats soutiennent l'hypothèse que la théorie de l'esprit est un mécanisme cognitif et social à travers lequel l'ocytocine facilite un comportement maternel adapté en améliorant la conscience et la capacité d'interprétation des stimuli sociaux (55). Cela laisse donc supposer à une spécialisation cérébrale favorisant l'interaction mère-enfant.

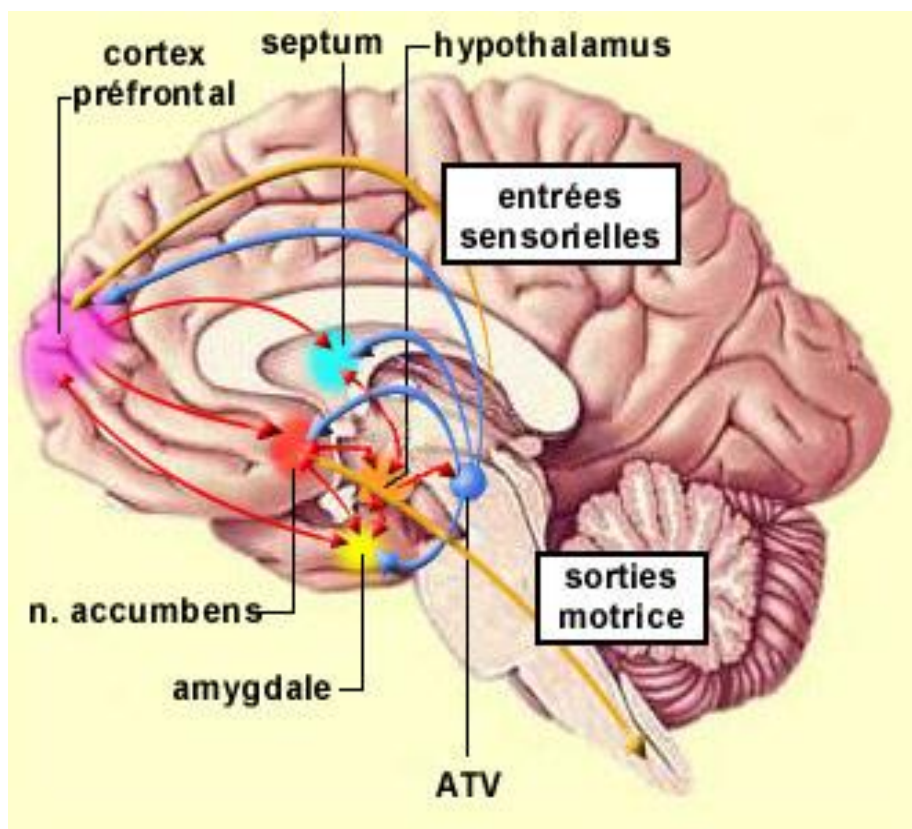
#### 4.1.2. Système de récompense

La revue de littérature a mis en évidence des modifications de volume de quelques régions cérébrales pendant la grossesse, certaines concordantes avec une plus forte activité dans le post-partum face à un nouveau-né. Un des éléments clés de ces découvertes est le fait que ces structures cérébrales s'intègrent dans un circuit très étudié qui est : le système de motivation/récompense. C'est un circuit de base qui était à l'origine essentiel à la survie en réaction à des stimuli primaires (alimentation, reproduction) mais qui a été conservé au fil de l'évolution permettant de guider notre motivation ou notre plaisir face à des stimuli plus complexes. Le système de récompense a notamment trois composantes : l'hédonie qui correspond au fait de ressentir du plaisir ; la motivation qui équivaut à l'anticipation de la récompense ; et les mécanismes d'apprentissage. En réponse à ces composantes, on distingue trois facettes pour la gestion des récompenses, respectivement : une facette affective, volitionnelle et cognitive. Plusieurs théories coexistent sur le véritable fonctionnement neuronal de ce circuit mais la majorité des chercheurs s'accordent à dire que le système de récompense est une boucle comprenant le système limbique, le cortex préfrontal, et le striatum. Le circuit débute au niveau de l'aire tegmentale ventrale, qui est un groupe de neurones dopaminergiques situés dans le mésencéphale. A l'arrivée d'un signal annonçant une récompense, c'est à dire après un traitement sensoriel par le cortex, l'aire tegmentale ventrale libère de la dopamine dans le noyau accumbens, le septum, l'amygdale et le cortex préfrontal qui eux-mêmes vont envoyer des projections sur l'hypothalamus (régulateur des fonctions neuro-végétatives de l'organisme). Ainsi, des études ont pu identifier que le cortex préfrontal serait impliqué dans la motivation et la focalisation de l'attention, l'amygdale comme le centre des émotions, et l'hippocampe comme régulateur de la mémoire. Le circuit de la récompense fonctionne donc sur le principe d'un baromètre qui nous indique l'état physique et psychique dans lequel nous nous trouvons, ou allons nous trouver (par anticipation) (56). Il est actif dans toutes les situations où nous éprouvons du plaisir : lorsque nous mangeons, pendant la rapports sexuels, etc, mais également lors de la consommation de drogues. En effet, l'analyse du mécanisme d'action de certaines psychostimulants et d'opiacés a montré que

ces produits déclenchant du plaisir, mais aussi une dépendance, provoquent la libération de dopamine et donc activent le circuit de récompense (57).

De la même manière, les études ont démontré l'importance du système de récompense dans l'attachement mère-enfant au cours du post-partum, via des neurotransmetteurs notamment de la dopamine. Ainsi, il existerait une corrélation positive entre les niveaux de dopamine de la mère, le degré de synchronisation avec son nourrisson et la force de la connexion du réseau amygdalien qui soutient l'affiliation sociale. De plus, les signaux émis par l'enfant déclencheraient la production hypothalamique d'ocytocine chez la mère, ce qui activerait le réseau dopaminergique de la récompense, conduisant ainsi au renforcement du comportement maternel (58).

Cela laisse donc supposer que la plasticité cérébrale pendant la grossesse est vouée à optimiser le système de motivation/récompense, lui-même facilitant un attachement entre la mère et son enfant. La base neurale de la maternité est soutenue par les zones limbiques sous-corticales de la motivation ainsi que par des réseaux de modulation des émotions.



*Système de récompense – Schéma général. Wikibooks.*

### **4.1.3. Fonctions exécutives**

Les fonctions exécutives sont les processus cognitifs de haut niveau qui assurent une coordination des comportements et des émotions lors d'une situation nouvelle, comme par exemple lors d'une grossesse et du post-partum. Il est dit qu'un comportement maternel optimal nécessite une réponse appropriée et contingente au comportement de l'enfant. Ainsi, la maternité entraîne une certaine flexibilité et dans la mesure du possible une capacité d'adaptation performante. Certaines fonctions cognitives sont alors mises à l'épreuve : planification, attention, mémoire de travail, etc. Bien que les fonctions exécutives reposent sur des interactions entre de nombreuses régions du cerveau, plusieurs études de neuroimagerie chez l'Homme ont souligné un rôle important du cortex préfrontal dorsolatéral, qui aiderait notamment à identifier les signaux des enfants dans un environnement complexe et agir de manière efficiente. D'autres régions des lobes frontaux sont importants dans le comportement maternel et dans les fonctions exécutives : le cortex cingulaire antérieur et le cortex orbitofrontal. Ils sont respectivement liés aux tâches impliquant de l'attention surtout dans un contexte conflictuel, et au contrôle des impulsions. Des travaux supplémentaires sont toutefois nécessaires pour confirmer l'importance prédite de la fonction préfrontale dans le comportement maternel à la fois en dehors et dans le contexte de différences individuelles comme l'expérience et l'humeur.

### **4.1.4. Réseau de saillance**

Les études de cette revue font aussi référence à l'implication d'un autre réseau fréquemment activé : le réseau de saillance. C'est un ensemble de structures cérébrales qui déterminent, parmi les nombreux stimuli internes et externes, les plus pertinents en vue de réaliser une action. Il permet ainsi une hiérarchisation des diverses informations perçues. Dans le contexte de la maternité, le réseau de saillance aurait pour objectif de concentrer les préoccupations maternelles sur la protection de l'enfant et la détection des dangers potentiels. Sur le plan anatomique, il englobe notamment l'insula et le cortex cingulaire antérieur, qui sont par ailleurs très activées chez les mères en réponse à un stimulus de leur nouveau-né. Ici aussi, l'ocytocine semble jouer un rôle dans le réseau de saillance. En effet, certains chercheurs suggèrent que

l'ocytocine disposerait d'une action générale sur la reconnaissance et la discrimination des émotions, peu importe la valence, en augmentant la saillance des indices sociaux permettant de les discriminer (59).

## **4.2. Limites**

### **4.2.1. Articles de la revue de la littérature**

La recherche bibliographique a respecté une méthodologie précise afin de limiter les différents biais. Cependant, il semble persister des limites potentielles à cette revue de la littérature qui doivent faire interpréter les résultats prudemment. Les études regroupent des populations différentes avec des critères d'inclusion et d'exclusion hétérogène, et même si les résultats semblent aller dans la même direction, on ne peut pas exclure ce biais de sélection. Par ailleurs, les études étaient pour la plupart récentes mais les techniques d'imagerie cérébrale sont tellement innovantes que les articles datant d'une dizaine d'années ne sont plus forcément à jour des nouvelles pratiques, et donc sont sûrement moins précis.

Concernant l'étude des modifications cérébrales au décours d'une grossesse, il est difficile de savoir si les changements dans le volume cérébral se produisent pendant la grossesse, ou à l'accouchement ou dans le post-partum immédiat compte tenu de la quasi absence d'étude d'imagerie cérébrale au cours de la grossesse, pour des raisons évidentes d'éthique. Les résultats qui en ressortent sont certes très intéressants mais peuvent difficilement être généralisés du fait des très nombreux biais environnementaux qui jouent sur la plasticité cérébrale : changements hormonaux, conditions de vie socio-économiques, l'anxiété, la parité, les facteurs génétiques etc. Ces biais ont été quelque peu lissés dans la plupart des études en excluant les patientes avec des antécédents de troubles psychologiques ou psychiatriques, les multipares, ou en comparant les patientes avec un haut versus faible niveau de vie socio-économique, etc. Par exemple, la réponse cérébrale au stress implique une activation spécifique des zones corticales et sous corticales qui sont semblables à celles recrutées dans la maternité (cortex préfrontal, amygdale, cortex cingulaire antérieur) (60).



. Ainsi, on comprend qu'une activation plus importante de ces structures chez une personne présentant de l'anxiété, ou un syndrome de stress post-traumatique, pourrait biaiser les résultats en imagerie du post-partum. C'est également le cas avec l'influence de l'expérience maternelle et de la parité sur la réponse cérébrale maternelle. Par exemple, chez le rat, certaines régions cérébrales sont plus actives chez les multipares que chez les primipares face à un stimulus de leur progéniture. Les régions concernées étaient notamment le cortex pariétal, l'aire préoptique médiane et le cortex cingulaire antérieur (61). On peut alors se demander si les résultats sont fiables quand les multipares et les primipares ne sont pas séparées en deux groupes.

Concernant les études réalisées dans le post-partum qui analysent la réponse cérébrale maternelle face à un stimulus de son enfant, les résultats sont probants mais sont aussi à nuancer en fonction de l'âge de l'enfant, les conditions psychologiques maternelles, les antécédents personnels de la patiente, le type d'accouchement (voie basse versus césarienne), le type d'allaitement. Par exemple, une interaction mère-enfant à 1 semaine du post-partum et à 6 mois ne donnera pas les mêmes résultats au niveau de l'imagerie cérébrale, puisque cela ne stimulera pas les mêmes régions cérébrales. C'est d'ailleurs pourquoi beaucoup d'études se sont limitées à une certaine période du post-partum. Le mode d'alimentation de l'enfant semble également influencer la réponse cérébrale maternelle. Cela peut se comprendre du fait de l'imprégnation hormonale plus importante lors de l'allaitement maternel comparé à l'allaitement artificiel, stimulant certaines régions cérébrales du circuit maternel.

#### **4.2.2. Revue de la littérature**

La revue de littérature inclut des articles sur la base d'un algorithme de recherche précis. Certaines études n'ont pas été choisies car elles n'apparaissaient pas dans les résultats, et auraient pourtant été pertinentes pour cette revue. J'ai envisagé la possibilité d'intégrer les articles référencés dans les bibliographies des articles sélectionnés mais ayant déjà un nombre suffisant d'articles à analyser je n'ai pas souhaité en rajouter. J'ai tout de même mis ces articles en référence dans la revue de littérature pour appuyer les résultats. Cela pose donc la question de la pertinence des algorithmes de recherche, qui étaient à posteriori probablement trop précis, ne pouvant donc pas faire ressortir tous les

articles que j'espérais. Cette revue m'a demandé énormément de travail de recherche afin de m'approprier des notions de neuroscience et d'imagerie cérébrale nécessaires pour comprendre les résultats des études. Par ailleurs, les articles étant tous écrits en anglais, le temps de lecture et de compréhension était allongé.

Je souhaite mettre un point d'honneur sur l'interprétation des résultats de cette revue. En effet, les données sont intéressantes et peuvent être facilement l'objet d'extrapolations. Or, les limites des études nous imposent de ne pas conjecturer des résultats qui n'en sont pas. Cette revue synthétise d'une part les modifications cérébrales après une grossesse et d'autre part les réponses cérébrales face à un stimulus de l'enfant. Les liens entre les deux sont uniquement supposés et non affirmés. Par ailleurs, une réponse cérébrale lors d'une interaction mère-enfant ne reflète pas tout le circuit neuronal de la maternité et de l'attachement maternel, mais seulement le processus neurologique de l'intégration des informations sensorielles. Mais il s'agit d'une première piste de réflexion sur le circuit cérébral de la maternité.

### **4.3. Ouvertures**

Les résultats de cette revue ouvrent à énormément d'interrogations et de projets de recherche. La complexité des réseaux neuronaux intervenant dans la maternité rend compte de la difficulté pour déterminer d'une part ce qui tend vers un "bon" ou un "mauvais" attachement mère-enfant, et d'autre part les facteurs influençant la mise en place de ce lien. Cela traduit toute la difficulté du devenir mère et c'est tout l'intérêt des recherches dans le domaine de la Maternologie. En effet, il s'agit d'une discipline médico-psychologique contribuant à la constitution du lien mère-enfant en intégrant toute la dimension psychique de la maternité, la naissance et la parentalité (62). La Maternologie permet ainsi de réaliser une prévention précoce efficace des maladies de la naissance psychique, des troubles du développement de l'enfant et des risques de maltraitance.

En s'intéressant au circuit cérébral sous-jacent au comportement maternel et à l'attachement mère-enfant, on peut se demander si un dysfonctionnement de ces mécanismes pourrait être à l'origine ou favoriser l'apparition de pathologies psychologiques et psychiatriques dans le post-partum. La prise en charge de la dépression du post-partum étant un enjeu majeur de la société actuelle, il serait pertinent d'en rechercher le fonctionnement cérébral/neuronal. Mieux comprendre la physiopathologie de la dépression du post-partum au niveau cérébral pourrait permettre une meilleure approche thérapeutique. Des études sur le modèle animal ont déjà été réalisées et certaines pistes de réflexions sont bien entamées. Des images de type IRM ont été obtenues sur des patientes présentant de l'anxiété ou une dépression du post-partum. Celles-ci montrent que les principales régions cérébrales affectées sont aussi celles impliquées dans les soins maternels, la motivation, la gestion du stress, l'empathie et l'émotion. Les chercheurs ont d'ailleurs remarqué que ces troubles altèrent de manière différenciée l'activité de zones cérébrales précises, altération associée à des modifications de comportement spécifiques. Par exemple, l'amygdale, cortex insulaire, le système de récompense dans la globalité seraient moins actifs chez une femme souffrant de dépression du post-partum, en réponse aux signaux d'un enfant, comparé à une femme sans trouble psychologique. Les études prouvent que la dépression du post-partum peut entraîner des troubles de l'attachement entre la mère et son enfant, ce qui pourrait avoir des effets négatifs à long terme sur le développement de l'enfant (63). D'un point de vue neuroendocrinien, la recherche fondamentale suggère que chez les rongeurs, la récompense liée à l'interaction sociale est associée à une activation du récepteur de l'ocytocine dans le noyau accumbens. Les données initiales chez l'Homme indiquent que la méthylation du gène du récepteur de l'ocytocine est associée à l'attachement à différentes phases de la durée de vie de l'individu et qu'une méthylation plus élevée est associée à la dépression du post-partum (64).

Bien que ce sujet soit complexe, la sage-femme joue un rôle primordial dans l'accompagnement psychologique vers la maternité. Il s'agit d'une période de bouleversement émotionnel qui peut parfois devenir cataclysmique. L'instinct maternel n'existe pas, mais la difficulté d'être mère, elle, existe et doit être réellement considérée. La prévention des troubles psychiques passe par

l'information ainsi que le dépistage afin d'éviter l'apparition, le développement ou l'aggravation de ces pathologies. Nous sommes en première place dans le dépistage des troubles psychologiques pendant la grossesse et le post-partum. Il est toutefois souvent difficile de faire le diagnostic puisque les patientes expriment rarement leur souffrance, par peur du décalage avec l'idéalisation que la société fait de la grossesse. Il est donc primordial d'interroger sur les troubles du sommeil, de l'humeur, utiliser des échelles d'évaluation de la dépression en support, etc. J. DAYAN signale dans son article "Les dépressions périnatales" (65) que 10 à 40% des dépressions du post-partum débutent en réalité pendant la grossesse. Cette information conforte l'hypothèse d'un continuum entre la grossesse et le post-partum et soutient la nécessité d'une prévention précoce de ces troubles, par exemple dès lors des cours de préparation à la naissance et à la parentalité. Les études de sage-femme offrent désormais une formation complète sur les troubles psychiques de la maternité et de nombreux outils sont à disposition pour faire en sorte diminuer le taux de suicide chez ces patientes, qui constitue actuellement la première cause de mortalité maternelle.

## 5. Conclusion

Au décours d'une grossesse, le cerveau maternel fait l'objet d'une grande plasticité modulée par les modifications hormonales. Les études chez l'Homme et l'animal retrouvent une similitude entre les zones cérébrales modifiées pendant la grossesse et celles impliquées dans l'interaction mère-enfant au cours du post-partum, pouvant faire évoquer une adaptation cérébrale en vue de l'arrivée du nouveau-né. Il est intéressant de noter qu'il existe une superposition des zones cérébrales concernées par une plasticité au cours de la grossesse, et celles impliquées dans le réseau neuronal de la théorie de l'esprit, lui-même essentiel dans la mise en place de la maternité psychique. On remarque que le taux d'ocytocine plasmatique au cours de la grossesse serait corrélé positivement à la performance du réseau de la théorie de l'esprit durant le post-partum, diminuant la prévalence de dépression chez la mère. L'ocytocine jouerait également un rôle avec la dopamine dans le renforcement du comportement maternel par l'intermédiaire du circuit de récompense dont les zones cérébrales sont remodelées au décours de la maternité. Un autre point important est la grande plasticité du cortex préfrontal et son implication dans les fonctions exécutives, ce qui permettrait une forte capacité d'adaptation cognitive face à l'arrivée d'un enfant. Par ailleurs, le réseau de saillance est fortement activé chez la mère en réaction à son nouveau-né, et l'aiderait à déterminer quel stimulus est à prioriser pour pouvoir y répondre de manière appropriée.

Les résultats de ces études sont les prémices de nouvelles recherches dans ce domaine et nécessitent une interprétation prudente sans extrapolation hâtive. Cela ouvre de nouvelles portes dans le domaine de la Maternologie et dans la compréhension de la physiopathologie des troubles psychiques du post-partum.

## 6. Bibliographie

### Articles inclus dans la revue de littérature

1. Hoekzema E, Tamnes CK, Berns P, Barba-Müller E, Pozzobon C, Picado M, et al. Becoming a mother entails anatomical changes in the ventral striatum of the human brain that facilitate its responsiveness to offspring cues. *Psychoneuroendocrinology*. févr 2020;112:104507.
2. Luo H, Liang X, Cheng Z, Cai X, Feng F, Zhou H, et al. Effects of normal pregnancy on maternal EEG, TCD, and cerebral cortical volume. *Brain Cogn*. avr 2020;140:105526.
3. Hoekzema E, Barba-Müller E, Pozzobon C, Picado M, Lucco F, García-García D, et al. Pregnancy leads to long-lasting changes in human brain structure. *Nat Neurosci*. févr 2017;20(2):287-96.
4. Carmona S, Martínez-García M, Paternina-Die M, Barba-Müller E, Wierenga LM, Alemán-Gómez Y, et al. Pregnancy and adolescence entail similar neuroanatomical adaptations: A comparative analysis of cerebral morphometric changes. *Hum Brain Mapp*. mai 2019;40(7):2143-52.
5. Dudek J, Colasante T, Zuffianò A, Haley DW. Changes in Cortical Sensitivity to Infant Facial Cues From Pregnancy to Motherhood Predict Mother-Infant Bonding. *Child Dev*. janv 2020;91(1):e198-217.
6. Rutherford HJV, Crowley MJ, Gao L, Francis B, Schultheis A, Mayes LC. Prenatal neural responses to infant faces predict postpartum reflective functioning. *Infant Behav Dev*. nov 2018;53:43-8.
7. Elster AD, Sanders TG, Vines FS, Chen MY. Size and shape of the pituitary gland during pregnancy and post partum: measurement with MR imaging. *Radiology*. nov 1991;181(2):531-5.
8. Lorberbaum JP, Newman JD, Horwitz AR, Dubno JR, Lydiard RB, Hamner MB, et al. A potential role for thalamocingulate circuitry in human maternal behavior. *Biol Psychiatry*. 15 mars 2002;51(6):431-45.

9. Kim P, Dufford AJ, Tribble RC. Cortical thickness variation of the maternal brain in the first 6 months postpartum: associations with parental self-efficacy. *Brain Struct Funct.* sept 2018;223(7):3267-77.
10. Kim P, Leckman JF, Mayes LC, Feldman R, Wang X, Swain JE. The plasticity of human maternal brain: Longitudinal changes in brain anatomy during the early postpartum period. *Behavioral Neuroscience.* 2010;124(5):695-700.
11. Esposito G, Valenzi S, Islam T, Mash C, Bornstein MH. Immediate and Selective Maternal Brain Responses to Own Infant Faces. *Behav Brain Res.* 1 févr 2015;278:40-3.
12. Dufford AJ, Erhart A, Kim P. Maternal brain resting-state connectivity in the postpartum period. *J Neuroendocrinol.* sept 2019;31(9):e12737.
13. Elmadih A, Wan MW, Downey D, Elliott R, Swain JE, Abel KM. Natural variation in maternal sensitivity is reflected in maternal brain responses to infant stimuli. *Behavioral Neuroscience.* 2016;130(5):500-10.
14. Nitschke JB, Nelson EE, Rusch BD, Fox AS, Oakes TR, Davidson RJ. Orbitofrontal cortex tracks positive mood in mothers viewing pictures of their newborn infants. *Neuroimage.* févr 2004;21(2):583-92.
15. Kim P, Leckman JF, Mayes LC, Newman M-A, Feldman R, Swain JE. Perceived quality of maternal care in childhood and structure and function of mothers' brain. *Dev Sci.* juill 2010;13(4):662-73.
16. Hipwell AE, Guo C, Phillips ML, Swain JE, Moses-Kolko EL. Right Frontoinsular Cortex and Subcortical Activity to Infant Cry Is Associated with Maternal Mental State Talk. *J Neurosci.* 1 sept 2015;35(37):12725-32.
17. Atzil S, Hendler T, Zagoory-Sharon O, Winetraub Y, Feldman R. Synchrony and specificity in the maternal and the paternal brain: relations to oxytocin and vasopressin. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* août 2012;51(8):798-811.

## Bibliographie référencée

18. Kastler B, Vetter D, Patay Z, Germain P, editors. Comprendre l'IRM Manuel d'auto-apprentissage. Elsevier Masson. 6è ed. 2006.
19. Houde O, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. Cerveau et psychologie : introduction à l'imagerie cérébrale anatomique et fonctionnelle. Paris: Presses Universitaires de France (PUF); 2002. 609p.
20. Bellier J-P. L'exploration du cerveau humain. Futuribles. 29 juill 2019;N° 428(1):33-41.
21. Swartz BE. The advantages of digital over analog recording techniques. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1 févr 1998;106(2):113-7.
22. Dupont JC. Plasticité cérébrale. *Encyclopædia Universalis*, 2020.
23. Froger J, Laffont I, Dupeyron A, Allart E, Bauer P, Boisserzon X de. La plasticité cérébrale. In: *Entretiens de médecine physique et de réadaptation*. Montpellier: Sauramps Medical; 2017.
24. Fuhrmann D, Knoll LJ, Blakemore S-J. Adolescence as a Sensitive Period of Brain Development. *Trends Cogn Sci*. 2015 Oct;19(10):558-66.
25. Athan A. Matrescence (page consultée le 04/11/20). *Matrescence*. [en ligne]. <https://www.matrescence.com>
26. Kinsley CH. The neuroplastic maternal brain. *Horm Behav*. juin 2008;54(1):1-4.
27. Lahey BB, Michalska KJ, Liu C, Chen Q, Hipwell AE, Chronis-Tuscano A, et al. Preliminary genetic imaging study of the association between estrogen receptor- $\alpha$  gene polymorphisms and harsh human maternal parenting. *Neuroscience Letters*. 6 sept 2012;525(1):17-22.
28. Russell JA. *Les Brèves de Neuroendocrinologie. Le cerveau maternel*. British Society for Neuroendocrinology. Royaume Uni ; 2001.



29. Lambert N, Lotstra F. L'attachement. De Konrad Lorenz à Larry Young : de l'éthologie à la neurobiologie. *Cahiers critiques de thérapie familiale et de pratiques de réseaux*. 2005;35(2):83-97.
30. Guedeney N, Lamas C, Bekhechi V, Mintz AS, Guédeney A. [Attachment process between an infant and his/her mother: the first year]. *Arch Pediatr*. 1 juin 2008;15 Suppl 1:S12-9.
31. Fleming AS, Ruble D, Krieger H, Wong PY. Hormonal and experiential correlates of maternal responsiveness during pregnancy and the puerperium in human mothers. *Horm Behav*. avr 1997;31(2):145-58.
32. Lonstein JS, Lévy F, Fleming AS. Common and divergent psychobiological mechanisms underlying maternal behaviors in non-human and human mammals. *Hormones and Behavior*. 1 juill 2015;73:156-85.
33. Kim P, Strathearn L, Swain JE. The maternal brain and its plasticity in humans. *Horm Behav*. janv 2016;77:113-23.
34. Salmi L.R. *Lecture critique et rédaction médicale scientifique*. Edition Elsevier. Paris : 1998. 287p. 6. Cucherat M, Boissel J.P, Leizoroviz A. *Métabanalyse des essais thérapeutiques*. Edition Masson. Paris : 1997. 390p.
35. Schmidt L, Lebreton M, Cléry-Melin M-L, Daunizeau J, Pessiglione M. Neural Mechanisms Underlying Motivation of Mental Versus Physical Effort. *PLOS Biology*. 21 févr 2012;10(2):e1001266.
36. Etkin A, Egner T, Kalisch R. Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*. 1 févr 2011;15(2):85-93.
37. Peper JS, Hulshoff Pol HE, Crone EA, van Honk J. Sex steroids and brain structure in pubertal boys and girls: a mini-review of neuroimaging studies. *Neuroscience*. 15 sept 2011;191:28-37.
38. Miki Y, Kataoka M, Shibata T, Laz T, Kanagaki M, Shimono T, et al. The Pituitary Gland: Changes on MR Images During the 1st Year after Delivery1. *Radiology*. 1 juill 2005;235:999-1004.

39. Kelly C, Castellanos FX. Strengthening connections: functional connectivity and brain plasticity. *Neuropsychol Rev.* mars 2014;24(1):63-76.
40. Laurent HK, Ablow JC. The missing link: Mothers' neural response to infant cry related to infant attachment behaviors. *Infant Behavior and Development.* 1 déc 2012;35(4):761-72.
41. Bressler SL, Menon V. Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences.* 1 juin 2010;14(6):277-90.
42. Brown KK, Boateng GO, Ossom-Williamson P, Haygood L. Defining, conceptualizing, and measuring perceived maternal care quality in low- to high-income countries: a scoping review protocol. *Systematic Reviews.* 24 févr 2021;10(1):61.
43. Ethofer T, Pourtois G, Wildgruber D. Investigating audiovisual integration of emotional signals in the human brain. *Progress in brain research.* 1 févr 2006;156:345-61.
44. Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* déc 2006;7(12):942-51.
45. Van Overwalle F, Baetens K. Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: a meta-analysis. *Neuroimage.* 15 nov 2009;48(3):564-84.
46. Hoover WB, Vertes RP. Anatomical analysis of afferent projections to the medial prefrontal cortex in the rat. *Brain Struct Funct.* sept 2007;212(2):149-79.
47. Afonso VM, Sison M, Lovic V, Fleming AS. Medial prefrontal cortex lesions in the female rat affect sexual and maternal behavior and their sequential organization. *Behavioral Neuroscience.* 2007;121(3):515-26.
48. Foti D, Hajcak G. Genetic variation in dopamine moderates neural response during reward anticipation and delivery: evidence from event-related potentials. *Psychophysiology.* mai 2012;49(5):617-26.

49. Slade A, Grienenberger J, Bernbach E, Levy D, Locker A. Maternal reflective functioning, attachment, and the transmission gap: a preliminary study. *Attach Hum Dev*. sept 2005;7(3):283-98.
50. Knyazev GG, Slobodskoj-Plusnin JY, Bocharov AV. Event-related delta and theta synchronization during explicit and implicit emotion processing. *Neuroscience*. 1 déc 2009;164(4):1588-600.
51. Herrmann CS, Munk MHJ, Engel AK. Cognitive functions of gamma-band activity: memory match and utilization. *Trends in Cognitive Sciences*. août 2004;8(8):347-55.
52. Numan, M., Fleming, A.S. and Levy, F. (2006) *Maternal Behavior*. In: Knobil, J.D. and Neill, N., Eds., *Physiology of Reproduction*, Academic Press, New York, 1921-1993.
53. Huber D, Veinante P, Stoop R. Vasopressin and oxytocin excite distinct neuronal populations in the central amygdala. *Science*. 8 avr 2005;308(5719):245-8.
54. Blakemore S, Decety J. From the perception of action to the understanding of intention. *Nature reviews Neuroscience*. 2001.
55. MacKinnon A. *Oxytocin and theory of mind in mothers and their children: A longitudinal investigation from pregnancy to 3 years postpartum [Thèse]*. McGill University; Disponible sur: <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/hm50tt923>).
56. Dragoni Divrak D. *Reward System: A Guide For Wellness*. *Adv Mind Body Med*. Winter 2020;34(1):4-7.
57. Volkow ND, Michaelides M, Baler R. The Neuroscience of Drug Reward and Addiction. *Physiol Rev*. 1 oct 2019;99(4):2115-40.
58. Strathearn L. Maternal Neglect: Oxytocin, Dopamine and the Neurobiology of Attachment. *Journal of Neuroendocrinology*. 2011;23(11):1054-65.

59. Shamay-Tsoory SG, Fischer M, Dvash J, Harari H, Perach-Bloom N, Levkovitz Y. Intranasal administration of oxytocin increases envy and schadenfreude (gloating). *Biol Psychiatry*. 1 nov 2009;66(9):864-70.
60. Kaufman J, Plotsky PM, Nemeroff CB, Charney DS. Effects of early adverse experiences on brain structure and function: clinical implications. *Biol Psychiatry*. 15 oct 2000;48(8):778-90.
61. Fleming AS, Korsmit M. Plasticity in the maternal circuit: effects of maternal experience on Fos-Lir in hypothalamic, limbic, and cortical structures in the postpartum rat. *Behav Neurosci*. juin 1996;110(3):567-82.
62. L'aide-mémoire de maternologie. Jean-Marie Delassus, Laurence Carlier, Véronique Boureau-Louvet. Collection: Aide-Mémoire, Dunod ; 2010.
63. Brummelte S, Galea LAM. Postpartum depression: Etiology, treatment and consequences for maternal care. *Horm Behav*. janv 2016;77:153-66.
64. Payne JL, Maguire J. Pathophysiological mechanisms implicated in postpartum depression. *Front Neuroendocrinol*. janv 2019;52:165-80.
65. Dayan J. Les dépressions périnatales. Elsevier Masson. Paris. 2008.

## 7. Annexes

Articles grossesse (7)	Auteurs	Année/Pays	Revue de publication	Critères d'inclusion/exclusion	Effectifs	Technique d'exploration cérébrale
Becoming a mother entails anatomical changes in the ventral striatum of the human brain that facilitate its responsiveness to offspring cues	Elseline Hoeksma, Christian K. Tamnes, Puck Bems, et al.	2019 Espagne	Psychoneuroendocrinology	<b>Inclusion :</b> Centre de fertilité <b>Exclusion :</b> Grossesse antérieure au-delà du 1er trimestre, trouble psychiatrique ou neurologique, antécédent d'usage de substances psychotropes.	Groupe cas : 25 primipares Groupe témoin : 20 nullipares	IRM
Effects of normal pregnancy on maternal EEG, TCD, and cerebral cortical volume	Huijuan Luo, Xinyuan Liang, Zhongyuan Cheng, et al.	2020 Chine	Brain and Cognition	<b>Inclusion :</b> 20 à 34 ans, titulaires d'un baccalauréat ou au-dessus, primipares, en bonne santé, sans complications de grossesse, sans antécédents de neuropathie mentale, avec un accouchement vaginal à terme. <b>Exclusion :</b> antécédent de grossesse ou de maladies des organes vitaux ou neuropsychiatriques.	Groupe cas : 20 femmes Groupe témoin : 15 femmes	EEG TCD IRM
Pregnancy leads to long-lasting changes in human brain structure	Elseline Hoeksma, Erika Barba-Müller, Cristina Pozzobon, et al.	2016 Espagne	Nature Neuroscience	<b>Inclusion :</b> primipare <b>Exclusion :</b> troubles neurologiques ou psychiatriques ou antécédents de troubles liés à l'utilisation de substances psychotropes, évalués au moyen du MINI (International Neuropsychiatric Interview).	Groupe cas : 25 primipares Groupe témoin : 20 nullipares	IRM
Pregnancy and adolescence entail similar neuroanatomical adaptations: A comparative analysis of cerebral morphometric changes	Susanna Carmona, Magdalena Martínez-García, María Palermín-Díe, et al.	2019 Espagne	Human Brain Mapping	<b>Inclusion :</b> ? <b>Exclusion :</b> troubles neurologiques ou psychiatriques et/ou tout autre antécédents de troubles liés à l'utilisation de substances, évalués au moyen du MINI	Groupe cas : 25 primipares Groupe témoin : 25 adolescentes	IRM
Changes in cortical sensitivity to infant facial cues from pregnancy to motherhood predict mother-infant bonding	Joanna Dudek, Tyler Coasanti, David W. Haley, Antonio Zúñiga	2018 Canada	Child Development	<b>Inclusion :</b> anglophone <b>Exclusion :</b> troubles médicaux ou psychiatriques qui pourraient affecter l'audition ou la vision.	39 femmes	EEG
Prenatal neural responses to infant faces predict postpartum reflective functioning	Helena J.V. Rutherford, Michael J. Crowley, Lucy Gao, et al.	2018 Etats-Unis	Infant Behavior and Development	<b>Inclusion :</b> ? <b>Exclusion :</b> ?	35 femmes	EEG
Size and Shape of the Pituitary Gland during Pregnancy and Postpartum: Measurement with MR Imaging	Allen D. Elster, Timothy G. Sanders, Frederick S. Vines, Michael Y. M. Chen.	1991 Etats-Unis	Radiology	<b>Inclusion :</b> ? <b>Exclusion :</b> pas de trouble hypophysaire.	Groupe cas : 38 femmes enceintes puis en post-partum Groupe témoin : 30 femmes	IRM

Articles post-partum (10)	Auteurs	Date/Pays	Revue de publication	Critères d'inclusion/exclusion	Effectif	Technique d'exploration cérébrale
<b>A Potential Role for Thalamocingulate Circuitry in Human Maternal Behavior</b>	Jeffrey P. Lorberbaum, John D. Newman, Amy R. Horwitz, et al.	2001 Etats-Unis	Biological Psychiatry	<u>Inclusion</u> : primipares de 18 à 45 ans, avec des nourrissons de 4 à 8 semaines, avec allaitement maternel, droitier, en bonne santé. <u>Exclusion</u> : ATCD de trouble psychiatrique, pathologie neurologique, victime de violences physiques ou sexuelles, ou ayant été prise en charge par les services de protection de l'enfance, patientes enceintes, sous contraception orale ou psychotropes (pendant au moins 5 demi-vies), contre-indication aux IRM.	10 femmes	IRM
<b>Cortical thickness variation of the maternal brain in the first 6 months postpartum: associations with parental self- efficacy</b>	Pilyoung Kim, Alexander J. Dufford, Rebekah C. Tribble,	2018 Etats-Unis	Brain Structure and Function	<u>Inclusion</u> : 18-40 ans, primipare, anglophones, CI >70, ratio revenu/besoins inférieur à 6.5, <u>Exclusion</u> : grossesse ou maladies infantiles impliquant plus d'une nuit de séjour en unité de soins intensifs néonataux (USIN), maladie psychiatrique/neurologique actuelle autre que dépression ou anxiété, contre-indication à l'IRM.	39 femmes	IRM
<b>The elasticity of human maternal brain : longitudinal changes in brain anatomy during the early postpartum period</b>	Pilyoung Kim, James F. Leckman, Linda C. Mayes, et al.	2010 Etats-Unis	Behavioral Neuroscience	<u>Inclusion</u> : caucasienne, droitière, mariées, allaitement maternel <u>Exclusion</u> : ?	19 femmes	IRM
<b>Immediate and selective maternal brain responses to own infant faces</b>	G. Esposito, S. Valenzi, T. Islam, C. Mashe, M.H. Bornstein	2014 Japon	Behavioral Brain Research	<u>Inclusion</u> : primipares ayant un nourrisson de 3 ou 6 mois. <u>Exclusion</u> : troubles neurologiques ou psychiatriques	21 femmes	EEG
<b>Maternal Brain Resting-State Connectivity in the Postpartum Period</b>	Alexander J. Dufford, Andrew Erhart, Pilyoung Kim	2014 Etats-Unis	Journal of Neuroendocrinology	<u>Inclusion</u> : grossesse unique, primipare, anglophone. <u>Exclusion</u> : trouble psychiatrique ou neurologique autre que anxiété et dépression, consommation de substances psychoactives, pathologie obstétricale ou néonatales, CI aux IRM	47 femmes	IRM
<b>Natural variation in maternal sensitivity is reflected in maternal brain responses to infant stimuli</b>	Elmasadi, A., Wan, M. W., Downey, Elliott, R., Swain,	2016 Royaume- Unis	Behavioral neuroscience	<u>Inclusion</u> : ? <u>Exclusion</u> : pathologie psychiatrique ou score EPDS >= 12 et/ou HADS > 11.	30 femmes	IRM
<b>Orbitofrontal cortex tracks positive mood in mothers viewing pictures of their newborn infants</b>	Jack B. Nilschke, Eric E. Nelson, Brett D. Rusch, et al.	2003 Etats-Unis	NeuroImage	<u>Inclusion</u> : primipare, accouchement voie basse sans complication, nourrisson entre 2 et 4 mois, droitier <u>Exclusion</u> : dépression du post-partum, pathologie médicale ou neurologique, contre-indication à l'IRM	6 femmes	IRM
<b>Perceived quality of maternal care in childhood and structure and function of mothers' brain</b>	Pilyoung Kim, James F. Leckman, Linda C. Mayes, et al.	2009 Etats-Unis	Developmental Science	<u>Inclusion</u> : à terme, enfant en bonne santé <u>Exclusion</u> : pathologie psychiatrique, prise de médicament dans les deux semaines entre la visite à domicile et l'IRM	26 femmes	IRM
<b>Right Frontoinsular Cortex and Subcortical Activity to Infant Cry is Associated with Maternal Mental State Talk</b>	Alison E. Hipwell, Chaohui Guo, Mary L. Phillips, et al.	2016 Etats-Unis	The Journal of Neuroscience	<u>Inclusion</u> : plus de 18 ans, enfant singleton en bonne santé et de moins de 6 mois <u>Exclusion</u> : grossesse en cours, bipolarité, consommation de cannabis, pathologie mentale ou psychiatrique, traitement psychotrope, présence de métal dans leur corps, claustrophobie.	76 femmes	IRM
<b>Synchrony and Specificity in the Maternal and the Paternal Brain: Relations to Oxytocin and Vasopressin</b>	Shir Atzil, Talma Hendler, Orna Zagoory-Sharon, et al.	2012 Etats-Unis	Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry	<u>Inclusion</u> : mère d'enfant de 4 à 6 mois singleton, né à terme <u>Exclusion</u> : antécédent de maladie mentale ou physique majeure.	30 parents (15 couples)	IRM



## RÉSUMÉ

### But

Une grossesse nécessite de multiples adaptations physiologiques organisées par le cerveau maternel. Ce dernier fait l'objet d'une grande plasticité au décours de la grossesse, en lien avec les modifications hormonales. Cette étude analyse le continuum de la plasticité cérébrale entre la grossesse et le post-partum.

### Matériels et Méthodes

Une revue de la littérature internationale a été réalisée, à partir des bases de données PUBMED, SCIENCE DIRECT, PASCAL et COCHRANE et une sélection d'articles pertinents pour cette étude a été faite sur la base d'un algorithme de recherche.

### Résultats

Les résultats de cette étude suggèrent une adaptation cérébrale maternelle en vue de préparer l'arrivée du nouveau-né afin d'améliorer les capacités de reconnaissance des stimuli de l'enfant. Il y aurait donc un ajustement de certains grands systèmes cérébraux facilitant les interactions mère-enfant et l'attachement maternel.

### Conclusion

Cela ouvre de nouvelles portes dans le domaine de la Maternologie et dans la compréhension de la physiopathologie des troubles psychiques du post-partum. La sage-femme a un grand rôle à jouer dans leur prévention et leur dépistage.

## SUMMARY

### Objectives

Pregnancy requires multiple physiological adaptations organized by the maternal brain. The latter is subject to great plasticity during pregnancy, in connection with hormonal changes. This study analyzes the continuum of brain plasticity between pregnancy and postpartum.

### Materials and Methods

A review of the international literature was carried out, using the PUBMED, SCIENCE DIRECT, PASCAL and COCHRANE databases and a selection of articles relevant to this study was made on the basis of a search algorithm.

### Results

The results of this study suggest a maternal cerebral adaptation to prepare for the arrival of the newborn in order to improve the child's ability to recognize stimuli. There would therefore be an adjustment of certain major brain systems facilitating mother-child interactions and maternal attachment.

### Conclusion

This opens new doors in the field of Maternology and in understanding the pathophysiology of postpartum mental disorders. The midwife has a major role to play in their prevention and screening.

**Mots clés** : plasticité cérébrale, IRM, interaction mère-enfant, ocytocine, santé mentale périnatale.

**Keywords** : brain plasticity, MRI, mother-child interaction, oxytocin, perinatal mental health.