



Sensorialité foetale et gestation pour autrui

Marie-Claire Busnel, Anne Héron

► To cite this version:

Marie-Claire Busnel, Anne Héron. Sensorialité foetale et gestation pour autrui. LA GESTATION POUR AUTRUI, Lavoisier - Médecine Sciences Publications, 2011, Rapport de l'Académie nationale de Médecine, 9782257204493. hal-01599211

HAL Id: hal-01599211

<https://hal.science/hal-01599211>

Submitted on 1 Oct 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

SENSORIALITÉ FŒTALE ET GESTATION POUR AUTRUI

Marie-Claire BUSNEL* et Anne HERON**

Université Paris Descartes

*: Chercheur Honoraire en Psychobiologie du Développement

** : Enseignant-Chercheur en Physiologie Humaine et Neurosciences

INTRODUCTION

La gestation pour autrui est une méthode d'assistance médicale à la procréation, ancestrale, qui a existé sporadiquement dans toutes les civilisations. Dans notre société, elle est en voie de prendre un essor important et soulève des questions éthiques qui concernent à la fois les parents dits « porteurs », leurs enfants, leurs familles ainsi que les parents « receveurs », et le bébé à naître.

Quel rôle la vie prénatale joue-t-elle dans le développement du bébé ? Comment perçoit-il le monde au cours de la vie intra-utérine ? A-t-il des liens avec sa mère, son père, son entourage ? L'environnement extérieur influence-t-il son développement, ou bien le fœtus demeure-t-il dans l'ombre de l'utérus maternel tout au long de la grossesse, sans interaction avec le milieu extérieur ? Les réponses à ces interrogations sont nécessaires pour identifier l'impact possible de la gestation pour autrui sur le fœtus, ainsi que ses effets physiologiques, psychologiques et comportementaux à plus long terme, sur l'enfant né dans ce contexte.

Chacun de ces points mériterait d'être abordé, ainsi que le devenir psychique et physiologique de ces femmes qui portent un enfant qu'elles ne vont pas garder (Brunton et Russel, 2008). Cependant le présent article se concentrera sur développement des capacités sensorielles fœtales et des effets éventuels que peut avoir sur le bébé, le fait qu'au cours de la gestation, il soit immergé dans un premier environnement, celui du cadre familial de la mère « porteuse », alors qu'après la naissance il rencontrera un environnement très différent, celui des parents receveurs.

Le fœtus a longtemps été considéré comme un être vivant, dénué de capacités perceptives et plongé dans ce que l'on a nommé « la nuit utérine ». On sait maintenant qu'il perçoit, soit directement, grâce aux organes sensoriels qui se développent progressivement au cours de la gestation, soit par l'intermédiaire de sa mère, les stimuli présents dans son

environnement immédiat, que ceux-ci soient tactiles, auditifs, olfactifs, gustatifs, ou même visuels. (Busnel et coll, 1992 ; Lecanuet et Schaal, 1996).

On sait aussi que le fœtus est sensible aux variations psycho-affectives maternelles via le système neuroendocrinien de la femme enceinte qui participe au développement fœtal (Draganova et coll, 2005 ; Burton et Russel, 2008).

Dans la gestation pour autrui, aux éléments sensoriels et affectifs que le fœtus a intégrés et mémorisés durant la vie utérine, vont se superposer, après la naissance, des stimulations nouvelles et différentes, le bébé, perdant ses repères peut alors en être décontenancé. Quel effet cela aura-t-il sur le processus d'attachement du bébé à sa mère, processus déjà engagé durant la gestation ? (Muller 1993 ; Gau et Lee, 2003).

Les réactions fœtales objectivables, en réponse aux stimuli de l'environnement, sont peu nombreuses. Elles se résument à des expressions faciales (qui peuvent être visualisées à l'échographie), des mouvements et des variations du rythme cardiaque quantifiables (Porcaro et coll, 2006). Récemment, l'activité cérébrale fœtale a pu être mesurée *in utero* et visualisée par imagerie (Fulton et coll 2004 ; Draganova et coll, 2005 ; Jardi et coll, 2008).

PERCEPTIONS AUDITIVES

L'environnement sonore du fœtus est constitué de l'ensemble des sons corporels maternels et des bruits en lien avec les activités domestiques et sociales spécifiques de chaque famille. Les plus signifiants pour le fœtus sont, soit les plus récurrents, soit ceux qui ont un impact émotionnel sur sa mère (Busnel et coll 1983 ; Abrams et coll, 1998 ; Lecanuet et coll, 1998).

Les travaux expérimentaux, réalisés chez l'humain et chez l'animal démontrent, qu'en fin de gestation, le fœtus dispose, au plan sensoriel, d'un pouvoir discriminant très efficace. Ainsi, durant les trois derniers mois, il est capable de différencier dans le langage, deux locuteurs, deux syllabes, deux mots, deux phrases ou deux langues (Busnel et coll, 1992 ; 1998).

Le fœtus est aussi à même de reconnaître des mélodies musicales entendues de manière répétée au cours de la gestation (Kisilevsky et coll, 2004). Il réagit différemment à l'audition d'une mélodie connue ou inconnue (Granier-Deferre et coll, 1991). Le fœtus est aussi capable de mémoriser des sons très complexes et semble en reconnaître les prosodies : il réagit à une comptine souvent entendue, par une décélération du rythme cardiaque, alors qu'une comptine inconnue en provoque l'accélération (De Casper et coll, 1994). Chez le nouveau-né, une décélération du rythme cardiaque est considérée comme un signe d'attention et une accélération un signe de surprise (Porges 1972 ; 1974).

Il a aussi été démontré que le fœtus reconnaît la voix de sa mère (Kisilevsky et coll, 2002). Le nouveau-né peut, lui, manifester des préférences et faire des choix. Ceux-ci semblent influencés par les expériences auditives de sa vie intra-utérine. Ainsi, un bébé de deux jours préfère, parmi les voix qu'on lui propose, les voix féminines et parmi celles-ci, celle de sa mère, qu'il a entendue au cours de la gestation (Smith et coll, 2007). Étonnamment, il ne montre aucune préférence entre la voix maternelle filtrée, telle qu'il a pu la percevoir *in utero*, ou non filtrée, telle qu'il la perçoit après la naissance. La « signature » acoustique du

locuteur est donc conservée et reconnue malgré certaines déformations du signal consécutives au passage de la stimulation sonore au travers des tissus maternels (De Casper et coll.1980).

Des expériences réalisées à partir de voix enregistrées montrent de plus, que dès l'âge de deux jours, le nouveau-né a la capacité de percevoir les variations émotionnelles du locuteur, même si celui-ci n'est pas sa mère. Il indique (par la durée de son attention) qu'il préfère l'expression de la joie à celle de la peur ou de la colère (Mastropieri et Turkewitz 1999).

Le bébé garde aussi le souvenir des sensations désagréables ou traumatisantes perçues *in utero*. En effet, le nouveau né prématuré est le plus souvent apaisé à l'audition d'une voix ou d'une musique entendue pendant la gestation, en particulier si celle-ci a été stable ou agréable. Il présente alors à l'audition de ce stimulus sonore des expressions faciales et corporelles traduisant une sensation de plaisir, même durant les soins. En revanche, nous verrons plus loin que, si la gestation a été difficile, douloureuse ou stressante, les stimulations entendues *in utero* provoquent une expression de déplaisir, de rejet, voire des pleurs.

Les stimuli auditifs font donc partie de l'environnement perceptif du fœtus et seront reconnus à la naissance.

PERCEPTIONS OLFACTIVES ET GUSTATIVES

On a longtemps pensé que l'olfaction ne pouvait pas être fonctionnelle chez le fœtus baignant dans le liquide amniotique. La découverte de la fonctionnalité, *in utero*, de l'organe voméro-nasal (qui permet la réception de stimuli olfactifs en milieu liquide), a ouvert la voie à la compréhension de la perception olfacto-gustative fœtale. Ceci a donné alors du crédit aux croyances populaires qui conduisaient les femmes enceintes à supprimer certains produits de leur régime alimentaire, sous prétexte que leur forte odeur pouvait être mal tolérée par le fœtus.

Les premières démonstrations des capacités olfactives et gustatives fœtales ont été conduites chez l'animal, (principalement rat et mouton) chez qui l'injection intra amniotique de substances odorantes ou sapides provoque, à la naissance, le choix préférentiel d'un lait ayant la même odeur ou la même saveur que celle des substances injectées *in utero* (Smotherman 1982).

Nous verrons, dans le paragraphe sur le stress, qu'en revanche, si ces stimulations olfactives et gustatives sont associées à un inconfort maternel ou à une souffrance fœtale (telle que l'anoxie), le raton, après la naissance, se détourne de ces odeurs ou de ces saveurs. Ce rejet démontre l'existence de processus de mémorisation complexes, capables d'associer les stimulations olfactivo-gustatives avec une sensation douloureuse ou un inconfort vécu *in utero*, souvenirs qui peuvent ressurgir en période post-natale (Smotherman 1982 b).

Ce type d'apprentissage et de mémorisation se manifeste également chez le fœtus humain. Les odeurs et les saveurs de certains aliments particulièrement odorants, ingérés par la mère, se retrouvent dans le liquide amniotique pendant la gestation et dans le lait

après la naissance (Marlier et coll, 1998 ; Schaal et coll, 2000). Les nouveaux-nés dont la mère a consommé, en fin de grossesse, de l'ail ou du cumin par exemple, présentent des signes d'appétence particulière pour ces aliments après leur naissance, alors que les bébés qui n'ont pas été en contact prénatal avec ces produits, y sont indifférents ou les rejettent. De même, les enfants de mères ayant ingéré des carottes en fin de grossesse préfèrent encore vers un an des céréales aromatisées avec cette saveur (Mennella et coll., 2001), suggérant que, non seulement les préférences gustatives sont mémorisées, mais que, de plus, cette mémoire perdure (Gerrisch et Menella, 2001 ; Schaal et coll, 2000). Certains de nos goûts ont vraisemblablement pour origine cette acquisition prénatale et il a été démontré que des goûts ou odeurs perçus durant la phase prénatale calment les nouveaux-nés agités ou soumis à des soins douloureux (Goubet et coll, 2003), ce qui illustre le rôle potentiellement sécurisant des perceptions prénatales.

PERCEPTION DES RYTHMES

Les divers rythmes maternels sont également ressentis et mémorisés pendant la vie fœtale (Di Pietro et coll, 2006). Au-delà des rythmes langagiers et musicaux, les rythmes physiologiques maternels tels que les rythmes nycthéméraux ou ceux de la marche, des mouvements, de la respiration et des battements cardiaques sont prévalents *in utero* et les fœtus s'y habituent (Nazzi et coll, 1998 ; Nishihara et coll, 2002). Ainsi, les bébés africains parviennent-ils à dormir sur le dos de leur mère alors même qu'elle danse ou pile le mil, malgré ces rythmes très toniques mais connus.

Au plan expérimental, la capacité de mémoriser et de reconnaître les rythmes a été démontrée chez des nouveaux-nés de deux à trois jours, dont l'activité électrique cérébrale et le comportement gestuel sont modifiés à chaque changement de rythme (Dehaene-Lambertz et coll, 2006). A la naissance, si on lui en donne la possibilité, le nouveau-né cherchera à se blottir contre la poitrine de sa mère, percevant alors sa chaleur, son odeur, mais aussi les battements de son cœur, ce qui a sur lui un effet apaisant.

Néanmoins, on remarque que cet effet calmant ne se produit pas chez tous les bébés. En fait, concernant le rythme cardiaque notamment, le nouveau-né a mémorisé la fréquence de répétition de celui de sa propre mère et ne sera calmé à l'audition d'un rythme cardiaque que s'il est similaire à celui entendu *in utero* (Salk, 1962).

Il pourrait être envisagé, si le nouveau-né doit être séparé, à la naissance, de la mère qui l'a porté, de l'apaiser et de le réconforter par l'émission sonore d'un rythme cardiaque correspondant à celui qu'il a perçu *in utero*, à l'image de ce qui est souvent pratiqué en néonatalogie pour calmer les nouveaux nés agités, que l'on met aussi en contact avec un vêtement imprégné de l'odeur maternelle.

INFLUENCES DU STRESS ET DE L'ANXIÉTÉ MATERNELLE SUR LE FŒTUS

On a longtemps cru que l'enveloppe utérine maternelle, par son volume et sa complexité tissulaire, constituait un filtre important préservant le fœtus des stimulations extérieures excessives. Il est maintenant admis, non seulement qu'il n'en est rien, mais aussi que les stimulations extérieures perçues *in utero* participent au modelage structurel et fonctionnel

du système nerveux (Auroux cf. chapitre 6 ce volume et 2006 ; Weinstock. 2008). De ce fait, la nature des stimulations prépare les capacités perceptives (finesse de l'acuité, pouvoir discriminant) qui traiteront les stimuli sensoriels pertinents pour le nouveau-né et le nourrisson. Si elles sont d'intensité, de durée ou de nature excessive, ces stimulations sont sources potentielles de stress.

Au cours d'une grossesse, les stress sont soit externes, d'ordre physique (bruits de forte intensité, odeurs perturbantes, agression corporelle, perturbations physiopathologiques etc.), d'ordre affectif (telle la perte d'un être cher, d'un travail ou d'un logement) ou, plus simplement, sont liés aux contraintes ordinaires de la vie qui, durant la grossesse, sont souvent moins bien supportées. Les stress peuvent aussi être d'origine interne, consécutifs aux inquiétudes de la mère pour la santé du fœtus, son devenir et le bon déroulement de la grossesse par exemple. Les autres perturbations émotionnelles personnelles endogènes sont également à prendre en compte, en particulier dans le contexte de la gestation pour autrui, où les conflits internes peuvent être importants.

Les décharges ou les inhibitions de sécrétions hormonales déclenchées par les stress et l'anxiété maternelle ont une influence sur la régulation et le développement du système nerveux, directement ou par l'intermédiaire de perturbations des fonctions placentaires (Jansson et Powel 2007 ; Glover et coll, 2009).

Le type de stress, sa durée et son intensité, de même que l'âge gestationnel du fœtus au moment du stress et la vulnérabilité de la mère, sont des facteurs pouvant influencer le développement fœtal, mais qui ont des effets variables voire opposés. Ainsi, les stress de courte durée et d'intensité faible peuvent être structurants et donc plutôt bénéfiques alors que ceux trop intenses et/ou de trop longue durée sont nocifs, tant sur le développement du système nerveux que sur la stabilité psychophysiologique de l'enfant en devenir (Lazinski et coll, 2008 ; Di Pietro et coll, 2006a ; Monk et coll, 2003).

Les effets des stress sont mémorisés, comme cela a été observé chez des bébés nés prématurément après un incident traumatique ou après une gestation difficile. Ils supportent très mal l'audition d'un cœur adulte, qui déclenche une réaction immédiate d'agitation puis des pleurs, alors que, comme nous l'avons vu précédemment, c'est un stimulus sonore généralement apaisant pour les nouveaux nés (Salk, 1962). De même, après leur naissance, les bébés dont les mères ont subi un grand stress, s'effraient et pleurent à l'audition des bruits associés à ce stress (Merlot et coll, 2008).

Chez l'animal, une odeur ou un goût perçu pendant la gestation et associé à un malaise maternel ou à une douleur, sera totalement rejeté par le nouveau-né, même si le stimulus est alors ajouté à sa nourriture (Smotherman 1982b).

Les effets de ces stress prénataux se manifestent encore à long terme puisque les jeunes qui en ont subi avant la naissance réagissent moins bien à de nouveaux stress en période post-natale. Leurs réactions sont exagérées et donc moins efficaces. De plus, l'effet physiologique normal du à ces stress est plus long à se résorber. Il existe donc des traces neurologiques et physiologiques durables des stress prénataux (Field et coll, 2003 ; Davis et coll, 2004 ; DiPietro et coll 2006a ; Silveira et coll, 2007 ; Weinstock 2008).

Dans le cas de la gestation pour autrui, on peut supposer que, chez la mère « porteuse », le désir d'établir un lien avec le bébé qu'elle porte, entre en contradiction avec le devoir de

ne pas s'y attacher, puisqu' à la naissance celui-ci changera de famille. Ainsi, bien qu'il soit encore difficile de déterminer à quel degré sont perçus par le fœtus les sentiments et les émotions ressentis par la mère qui sait devoir se séparer du bébé qu'elle porte, on sait que l'anxiété maternelle a des effets indésirables et pouvant persister jusqu'à l'adolescence. Weinstock (2008) et Van den Bergh et coll (2007), analysant les travaux récents sur le sujet, montrent que l'anxiété maternelle peut induire chez l'enfant : dépression, instabilité, difficulté d'apprentissage, hyperactivité etc., jusqu'à l'adolescence et peut être même après.

Enfin, les conflits émotionnels maternels ne perturbent-ils pas l'interaction mère-fœtus ? Quel effet cette scissure peut elle avoir sur la relation qui s'établira ultérieurement entre le bébé et sa mère génétique adoptante ?

LE PROCESSUS D'ATTACHEMENT

Au regard de ses acquis perceptifs, le nouveau-né possède donc déjà à la naissance, des repères sensoriels pour s'adapter à son nouveau milieu. Ces repères sont à la base de sa vie émotionnelle et relationnelle et interviennent dans le processus d'attachement inhérent à la construction des liens affectifs qu'il établit avec son entourage.

L'attachement qu'éprouve le bébé pour sa mère s'apparente au phénomène d'empreinte décrit par Konrad Lorenz chez l'animal. Celui-ci s'attache instantanément à ce qu'il perçoit durant les premiers instants qui suivent la naissance. L'empreinte est immédiate et durable. Elle est préparée par la mémorisation des stimuli reçus de la mère et de son environnement en période prénatale. La mère étant habituellement le premier contact du jeune, l'empreinte déclenche les premiers liens mère-jeune. Si, par un procédé expérimental, on détourne l'attention du nouveau-né sur un autre récipiendaire, il le considérera immédiatement comme sa mère. C'est ainsi que K. Lorenz fut le parent de nombreux oisillons !

Chez l'humain, seule la notion d'attachement est acceptée (Klaus et coll, 1972 ; Narita et Machara, 1993). Contrairement à l'empreinte, l'attachement évolue au cours de la petite enfance, en fonction des comportements relationnels parents-jeune notamment.

L'attachement est bimodal : le bébé s'attache à sa mère, mais il est indispensable, pour sa survie, que la mère s'attache également à son bébé (Muller, 1993 ; Siddiqui et Hägglöf, 2000 ; Shich et coll, 2001). Le déclenchement du processus d'attachement, qui se développera au cours de la petite enfance, s'opère à partir des sensations vécues au moment de la naissance, ainsi que par la reconnaissance de celles qui ont été perçues au cours de la gestation. Les tests d'attachement prénatal mis au point par Muller en 1992, se concentrent sur les réactions prénatales maternelles ; mais il serait temps de considérer également les sensations fœtales.

A la naissance le bébé fait connaissance avec la vie extra-utérine et les sensations nouvelles qui s'impriment, avec une intensité unique pour le bébé comme pour les parents.

Ainsi les premiers contacts sensoriels (le premier regard échangé, les premières odeurs, le premier contact corporel, (Farroni et coll, 2002), se superposant aux souvenirs sensoriels prénataux, vont s'ancrer et moduleront la vie affective du bébé et de sa famille. Ce qui

différencie peut-être l'humain de l'animal est sa très grande plasticité et ses capacités de résilience, qui pourront à plus long terme transformer l'impact de ces premières influences.

Dans le cas de la gestation pour autrui, les stimuli perçus par le fœtus dans l'utérus de la mère dite « porteuse », comme les sensations ressenties à la naissance, sont remplacés ensuite, par des sensations tactiles, gustatives, olfactives, sonores et rythmiques tout à fait différentes. Tous les bébés sont-ils aptes à s'adapter à ce nouvel environnement familial et à créer des liens harmonieux, sans l'aide des repères prénataux familiaux ? (Cirulli et coll 2003 ; Franc et coll, 2009).

Si un bébé doit être adopté à la naissance, le fœtus ne devrait-il pas, au moins être mis en contact avec ses futurs parents durant la gestation, afin qu'il puisse les entendre parler, chanter, percevoir si possible leurs toucher et que puisse s'établir avec eux un lien psychique prénatal ? Ne pourrait-on envisager que les parents adoptants soient également présents à l'accouchement pour accueillir le nouveau-né, rencontrer son premier regard, le toucher, le porter et que ce soit eux qui reçoivent ses premières sensations, et non la mère qui l'a porté et dont il doit se séparer ?

CONCLUSION

Il y a 30 ans seulement, les connaissances scientifiques excluaient l'existence de perceptions sensorielles *in utero* et l'impact de l'environnement sensoriel prénatal sur le développement fœtal n'était donc *a fortiori* même pas envisagé. L'existence d'une sensorialité fœtale fonctionnelle est maintenant admise. Les capacités perceptives du fœtus lui apportent les éléments nécessaires à la connaissance précoce de son environnement et au déclenchement du processus d'attachement à son entourage familial.

La formation du système nerveux sensoriel est modulée par les stimuli du milieu extérieur qu'il reçoit. Bien que cette plasticité perdure plusieurs années, il paraît important, pour la continuité du développement transnatal et pour le bon fonctionnement des systèmes sensoriels, que l'environnement prénatal qui les a formés et l'environnement post-natal qu'ils rencontreront, soient similaires.

Des études récentes mettent aussi en évidence que l'état psychophysiologique maternel, ainsi que certains événements survenant au cours de la gestation, ont une influence significative sur la santé future de l'individu, voire à plus long terme, sur plusieurs générations (Weaver et coll, 2004). Ainsi par exemple, la propension à l'obésité comme les maladies cardiovasculaires prennent racines dans la vie périnatale (Nijland et coll, 2008 ; Nuyt et Alexander 2009). Les stress prénataux et l'anxiété maternelle ont ainsi des conséquences psycho-comportementales encore observables chez l'adulte (Van den Bergh et coll., 2005 ; Weinstock, 2008).

Le processus de gestation pour autrui peut donc avoir un impact sur le développement et la structuration de l'individu, aux plans sensoriel, psychique et physiologique. En effet, dans la gestation pour autrui, le nouveau né quittant la mère qui l'a porté, pour être confié à sa mère adoptante, mais inconnue de lui, perd les repères qu'il a mémorisés durant sa vie prénatale. On crée donc ainsi, artificiellement, toutes les difficultés associées à l'adoption. Doit-on l'autoriser avant que d'avoir étudié et défini des conditions optimales pour que se développe harmonieusement le bébé confronté à une telle transposition néonatale ?

Si cette pratique devait un jour être acceptée, il faudrait que toute légalisation soit entourée de nombreuses précautions, dont un suivi psycho-affectif et médical de longue durée des enfants et des femmes les ayant portés.

Tout en envisageant avec compassion le désir de toute femme à devenir mère, de tout homme à devenir père, il serait bon de considérer également les droits de l'enfant. En effet, si l'adoption est un bienfait pour l'enfant orphelin, en est-il de même pour celui qui naît à la suite d'une « gestation pour autrui » ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abrams R.M. & al. (1998) : Fetal music perception : the role of sound transmission. *Music Perception*, 15 :307-317.
- Auroux M., (2006) : De l'embryon à la personne, Eds Ellipses, L'esprit des sciences, Paris 126p.
- Auroux M., (2009) : La GPA est-elle biologiquement neutre ? (cf. chapitre 6 du présent volume du Rapport de l'Académie de Médecine : La gestation pour autrui).
- Brunton P.J., Russel J.A., (2008) : The expectant brain : adapting for motherhood. *Nature Reviews Neuroscience*, 9 : 11-25.
- Busnel M.C., (1998) : La réactivité prénatale à la voix maternelle «adressée». ou non. In : Le bébé dans tous ses états. René Frydman et Myriam Szejer, Eds., Odile Jacob, Paris, pp. 137-153.
- Busnel M.C., Granier-Deferre C., Lecanuet J.P. (1992) : Fetal audition. *Developmental Psychobiology, Annals of the New-York Academy of Sciences*, 662 : 118-134.
- Busnel M.C., Granier-Deferre C., (1983) : Aspect de l'audition foetale. *Progrès en Néonatalogie*, Krager, Bâle, Suisse, pp. 154-162.
- Cirulli F, Berry A, Alleva E. (2003) : Early disruption of the mother-infant relationship: effects on brain plasticity and implications for psychopathology. *Neurosci Biobehav Rev.* 27(1-2):73-82.
- Davis E.P. & al., (2004) : Prenatal maternal anxiety and depression predict negative behavioural reactivity in infancy. *Infancy*, 6 : 319-331.
- De Casper A. & al., (1994) : Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behavior and Development*, 17 : 159-164.
- De Casper A.J., Sigafos A.D. (1983) : The intrauterine heartbeat : a potent reinforcer for newborns. *Infant Behavior and Development*, 6 : 19-25.
- De Casper A. & al., (1980) : Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208 : 1174-1176.
- Dehaene-Lambertz G., Hertz-Pannier L., Dubois J. (2006) : Nature and nurture in language acquisition :anatomical and functional brain-imaging studies in infants; *Neurosciences*, 29 (7) : 367-373.
- Di Pietro J.A. & al., (2006) : Prenatal development of intra-fetal and maternal-fetal synchrony. *Behavioral Neuroscience*, 120 (3) : 687-701.
- Di Pietro J.A. & al., (2006b) : Maternal psychological distress during pregnancy in relation to child development at age two. *Child Development*, 77, (3) : 573-587.
- Di Pietro J.A. & al. (2001) : Cross-correlation of fetal cardiac and somatic activity as an indicator of antenatal neural development. *Am. J. Obst. Gynecol.*, 185 : 1421-1428.
- Draganova R. & al., (2005) : Sound frequency change detection in fetuses and newborns, a magnetoencephalographic study. *Neuroimage*, 28 (2) : 354-361.
- Farroni T. & al., (2002) : Eye contact detection in human from birth. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 99(14) : 9602-9605.
- Field T. & a., (2003) : Pregnancy anxiety and comorbid depression and anger : effects on the fetus and neonate. *Depression and anxiety*, 17 : 140-151.
- Fifer W.P. and Moon C.M. (1994) : The role of mother's voice in the organization of brain function in the newborn. *Acta Paediatrica*, 397 : 86-93.
- Franc N., Maury M., Purper-Ouakil D. (2009) Trouble déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) : Quels liens avec l'attachement ? *L'encéphale* 85 : 256-261.
- Fulford J. & al (2004). Fetal brain activity and hemodynamic response to a vibroacoustic stimulus. *Hum Brain Mapp.* 22(2):116-121.
- Gau M.L., Lee TY. (2003) Construct validity of the prenatal attachment inventory: a confirmatory factor analysis approach. *J Nurs Res.* 11(3):177-187.
- Gerrisch C., Mennella J.A., (2001) : Flavor variety enhances food acceptance in formula-fed infants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73 : 1080-1085.

- Glover V. & al., (2009) : Association between maternal and amniotic cortisol is moderated by maternal anxiety. *Psychoneuroendocrinology*, 34 : 430-435.
- Glover V. & al., (1999) : Mechanisms by which maternal mood in pregnancy may affect the fetus. *Contemp. Rev. Obstet. Gynecol.*, 12 : 1-6.
- Goubet N & al (2003) Olfactory experience mediates response to pain in preterm newborns. *Dev Psychobiol.* 42(2) : 171-180.
- Granier-Deferre C. & al., (1991) L'audition prénatale. In Herbinet et Busnel, *L'aube des Sens*. Paris. Stock p149-182.
- Granier-Deferre C. & al (sous presse). Near-term fetuses process temporal features of speech.
- Hubel DH. (1978) Effects of deprivation on the visual cortex of cat and monkey. *Harvey Lect.* 72:1-51.
- Jansson T., Powell T.L. (2007) : Role of the placenta in fetal programming : underlying mechanisms and potential interventional approaches. *Clin. Sci. (Lond.)*, 113 : 1-13.
- Jardi R. & al., (2008) : Fetal cortical activation to sound at 33 weeks of gestation : a functional MRI study. *NeuroImage*, 42 (1) :10-18.
- Klaus MH, & al., (1972) : Maternal attachment. Importance of the first post-partum days. *N Engl J Med.* 286(9):460-463.
- Kisilevsky B.S. & al., (2004). Maturation of fetal perception of music. *Developmental Science*, 7 : 550-559.
- Lazinski M.J., Shea A.K., Steiner M., (2008) : Effects of maternal prenatal stress on offspring development : a commentary. *Arch. Women's Ment. Health*, 11 : 363-375.
- Lecanuet J.P. & al., (1998) : What sounds reach fetuses : Biological and non-biological modelling of the transmission of pure tones. *Developmental Psychobiology*, 33 : 203-220.
- Lecanuet JP, Schaal B. (1996) Fetal sensory competencies. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 68(1-2):1-23.
- Marlier L., Schaal B., Soussignan R., (1998) : Bottle-fed neonates prefer and odor experienced *in utero* to an odor experienced postnatally in the feeding context. *Dev. Psychobiol.*, 33 : 133-145.
- Marlier L., Schaal B., (1997) : Familiarité et discrimination olfactives chez le nouveau-né. Influence différentielle du mode d'alimentation. *Enfance (Paris)* n° 1 : 47-61.
- Mastropieri D., Turkewitz G. (1999) : Prenatal experience and neonatal responsiveness to vocal expressions of emotion. *Developmental Psychology*, 35 : 204-214.
- Menella J.A., Jagnow G.P., Beauchamp G.K. (2001) : Prenatal and postnatal learning by human infants. *Pediatrics*, 107, U11-U16.
- Mennella J.A., Beauchamp G.K., (1993) : The effects of repeated exposure to garlic-flavored milk on the nursing's behavior. *Pediatric Research*, 34, (6) : 805-808.
- Merlot E., Couret D., Otten W., (2008) : Prenatal stress, fetal imprinting and immunity. *Brain, behavior and immunity*, 22 : 42-51.
- Monk C. & al., (2003) : Effects of Women's stress-elicited physiological activity and chronic anxiety on fetal heart rate. *Developmental and Behavioural Pediatrics*, 24 (1) : 32-38.
- Muller M.E. (1993). Development of the prenatal attachment inventory. *West J Nurs Res* 15(2) : 199-211.
- Narita S., Machara S. (1993): The development of maternal-fetal attachment during pregnancy. *Nikon Kango Kagikkaiski* 13 (2) : 1-9.
- Nazzi T., Bertoncini J., Mehler J. (1998) : Language discrimination by newborns : towards an understanding of the role of rhythm. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 24 (3) : 756-766.
- Nijland M.J., Ford S.P., Nathanielz P.W. (2008) : Prenatal origins of adult disease. *Curr. Opin Obstet. Gynecol.*, 20 (2): 132-138.
- Nishihara K, Horiuchi S, Eto H, Uchida S. (2002) The development of infants' circadian rest-activity rhythm and mothers' rhythm. *Physiol Behav.* 77(1):91-98.

- Nuyt A.M., Alexander B.T., (2009) : Developmental programming and hypertension. *Curr. Opin Nephrol. Hypert.*, 18 (2): 144-152.
- Porcaro C. & al., (2006) : Fetal auditory responses to external sounds and mother's heart beat : detection improved by Independent Component Analysis. *Brain Research*, 1101 : 51 - 58.
- Porges S.W. (1974) : Heart rate indices of newborn attentional responsiveness. *Merrill-Palmer Quarterly*, 20 : 231-253.
- Porges SW. (1972) Heart rate variability and deceleration as indexes of reaction time. *J Exp Psychol.* 92(1):103-110.
- Salk L. (1962) Mothers' heartbeat as an imprinting stimulus. *Trans N Y Acad Sci.* 24:753-763.
- Schaal B, Hummel T, Soussignan R. (2004) Olfaction in the fetal and premature infant: functional status and clinical implications. *Clin Perinatol.* 31(2):261-285.
- Schall B., Marlier L., Soussignan R. (2000) : Human fetuses learn odours from their pregnant mother's diet. *Chemical Senses*, 25, 729-737.
- Schaal B., Marlier L., (1998) : Maternal and paternal perception of individual odor signatures in human amniotic fluid-potential role in early bonding. *Biol. Neonate*, 74 : 266-273.
- Shich C., Kravitz M., Wang H.H. (2001) Review. What do we know about maternal-fetal attachment ? *Kaohsiung J. Med. Sci.* 17 (9) : 448-454.
- Siddiqui A., Hägglöf B., (2000) : Does maternal prenatal attachment predict postnatal mother-infant interaction ? *Early Human Development*, 59 : 13-25.
- Silveira P.P. & al., (2007) : Developmental origins of health and disease (DOHaD). *J. de Pediatria (Soc Brasileira Pediatria)*, 83 (6) : 494-504.
- Smith L.S. & al., (2007) : Estimated cardiac vagal tone predicts fetal responses to mother's and stranger's voices. *Developmental Psychobiology*, 49 : 543-547.
- Smotherman WP. (1982) *In utero* chemosensory experience alters taste preferences and corticosterone responsiveness. *Behav Neural Biol.* 36(1):61-68.
- Smotherman WP. (1982b) Odor aversion learning by the rat fetus. *Physiol Behav.* 29(5):769-71.
- Van den Bergh B.R.H. & al., (2007) : Antenatal maternal anxiety is related to HPA-axis dysregulation and self reported depressive symptoms in adolescence : a perspective study on the fetal origins of depressed mood. *Neuropsychopharmacol.* 33 : 536-545.
- Weaver I.C. & al (2004). Epigenetic programming by maternal behaviour. *Nat. Neurosci.* 7(8) : 847-854.
- Weinstock M. (2008) : The long-term behavioural consequences of prenatal stress. *Neurosci. and Biobehavioral Rev.*, 32 : 1073-1086.