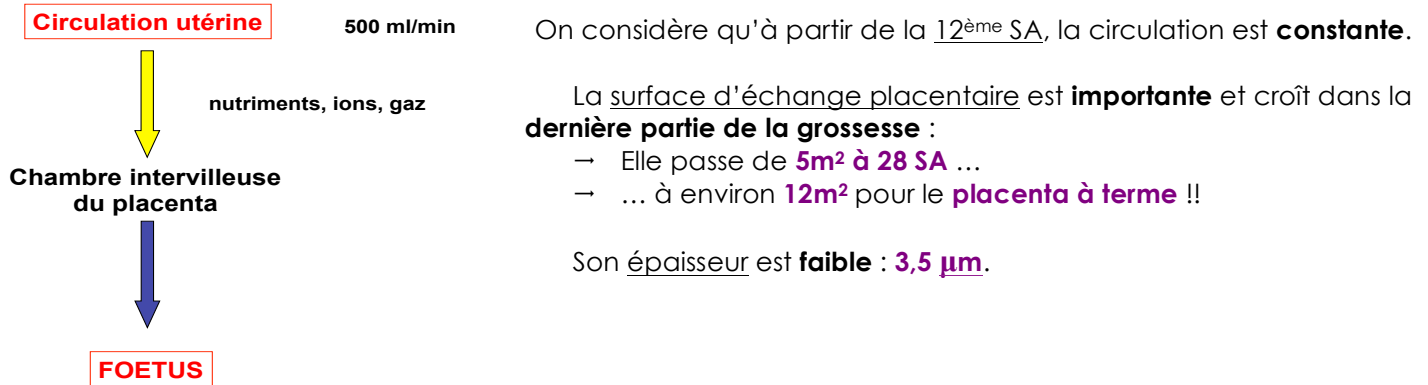


COURS 5 – LES ÉCHANGES MATERNO-FOETAUX

I. Les différents mécanismes d'échanges

Les échanges materno-fœtaux sont indispensables au développement de l'embryon, qui ne va plus avoir assez de réserves.

La **période hémotrophique** débute entre la 8^{ème} et la 12^{ème} SA avec l'ouverture des artères spiralées qui vont perdre leur « bouchon ». Les Hématies maternelles envahissent alors les chambres Inter-villeuses.



Les échanges placentaires ne sont régulés que par une seule membrane cellulaire : la **membrane apicale du syncytiotrophoblaste**.

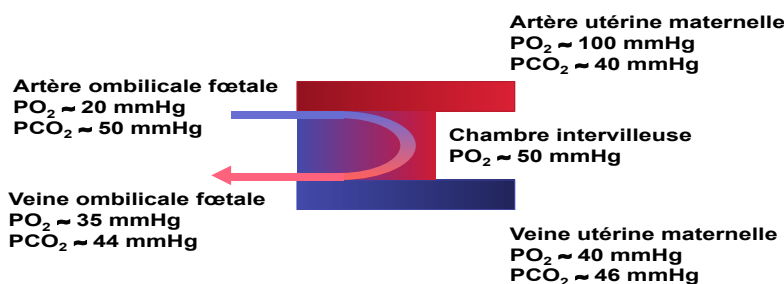
Les transferts de substances au travers du placenta se font de la même façon qu'au travers d'une **membrane cellulaire unique**.

La diffusion simple	<p>L'échange se fait <u>dans le sens d'un gradient de concentration</u>, de la zone la plus concentrée à la zone la moins concentrée dans le <u>but d'égaliser les concentrations</u> de part et d'autre de la membrane.</p> <p>Les différences de concentrations sont influencées par les débits sanguins respectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • partie maternelle : volume important (250 ml), renouvellement lent (3 à 4 fois/min), mélange assuré (pression forte) • capillaires fœtaux : volume réduit (45 ml), renouvellement très rapide (8 fois/min) <p>La circulation placentaire assure un échange de type <u>dialyse</u>: maintien de différences de concentration maximales optimisant les conditions d'échange passif des solutés.</p>
La diffusion facilitée	<p>Comme la diffusion simple (dans le sens du gradient de concentration) mais beaucoup plus <u>rapide</u> du fait de l'existence d'un <u>transporteur</u>.</p> <p>Ce transport ne demande pas d'énergie.</p>
Transport actif	<p>Transport d'une substance du compartiment où elle est moins concentrée vers le compartiment où elle est plus concentrée, agit contre le gradient de concentration. Nécessite un transporteur spécifique de la substance et consomme de l'énergie.</p> <p>Il y a donc deux sortes de substances :</p> <ul style="list-style-type: none"> • celles qui dépendent de la disponibilité d'un transporteur (<i>donc surtout celles passant par transport actif</i>), • celles qui dépendent du maintien d'un gradient de concentration constant de part et d'autre de la membrane (<i>donc des flux sanguins</i>).
Transport vésiculaire (endocytose/exocytose)	<p>Les grosses molécules sont captées par les microvillosités et absorbées dans les cellules ou rejetées (immuno-globulines).</p>

Ces échanges remplacent certains des organes du fœtus qui ne sont pas actifs in utero, soit parce qu'ils ne sont pas matures, soit parce qu'ils n'ont pas les moyens physiques d'assurer leur future fonction. Le placenta remplace :

- Les **poumons** : les poumons mûrissent progressivement in utero et ne communiquent qu'avec la cavité amniotique ;
 - Le **tube digestif** : chez le fœtus, l'intestin n'est pas en relation avec l'extérieur et ne peut donc pas assurer la nutrition.
 - Le **rein** : les reins du fœtus sont relativement matures in utero et sont capables de fabriquer de l'urine mais cette urine ne permet pas d'éliminer les déchets métaboliques à l'extérieur.
- ♥ C'est le placenta qui va épurer la circulation fœtale pour assurer l'« **équilibre hydro-électrolytique** » normalement assuré par le rein.

II. Échanges Gazeux



- ♥ Les échanges gazeux sont très importants car le Baby a besoin de beaucoup d'O₂ pour tout ce qu'il va faire en 9 mois !!

↻ Pas d'équilibre entre sang veineux fœtal et sang maternel +++_{ee}

- **Artères utérines** (circulation maternelle) = **riches en O₂**
- **Artère ombilicale** (circulation fœtale) = **pauvre en oxygène**.
- Le sang qui repart par la veine utérine va retourné vers les poumons puis rejoindre la circulation systémique.
- Le fœtus va travailler qu'avec **peu d'O₂** dans les premier mois de vie intra utéro → Ces besoins en O₂ augmentent petit à petit mais sa **PO₂ n'est jamais très élevée**.
- Le **CO₂** diffuse très facilement à travers les membranes.

1) La différence de pression partielle en O₂ entre les circulations maternelle et fœtale :

- sang maternel : PO₂ = 100 mmHg
- sang fœtal : PO₂ = 20 mmHg
- Quand le sang fœtal quitte le lobule, PO₂ = 35 mmHg

Il n'y a **pas d'équilibre entre sang veineux fœtal et le sang maternel** car :

- tout le sang des villosités n'est pas en contact avec le sang maternel : "**effet shunt**"
- tissu placentaire consomme **10-20% de l'O₂** du sang maternel **avant** les échanges gazeux avec le sang fœtal.

2) L'O₂ se lie à un transporteur sanguin, l'hémoglobine :

la saturation en O₂ (SO₂) de l'hémoglobine fœtale est de 60% (contre 95%, chez l'adulte).

L'hémoglobine fœtale est spécifique:

- elle a plus d'affinité pour l'O₂ que l'hémoglobine maternelle : pour une même pression partielle en O₂, elle fixe plus d'O₂ que l'hémoglobine maternelle,
- la concentration en hémoglobine fœtale est supérieure à celle de l'hémoglobine maternelle : [Hb]_f = 20 g/100 ml [Hb]_m = 15 g/100 ml

L'oxygène

3) Le double effet Bohr

La libération d'O₂ par l'hémoglobine est facilitée par le CO₂ et les ions H⁺.

Dans le sang maternel, il y a augmentation de [CO₂] et [H⁺] ce qui entraîne une baisse du pH

l'hémoglobine libère l'oxygène qu'elle transporte Le sang fœtal libère son CO₂ donc baisse [CO₂] ce qui entraîne une augmentation du pH l'hémoglobine fixe l'oxygène libéré

$$pH = pKa + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

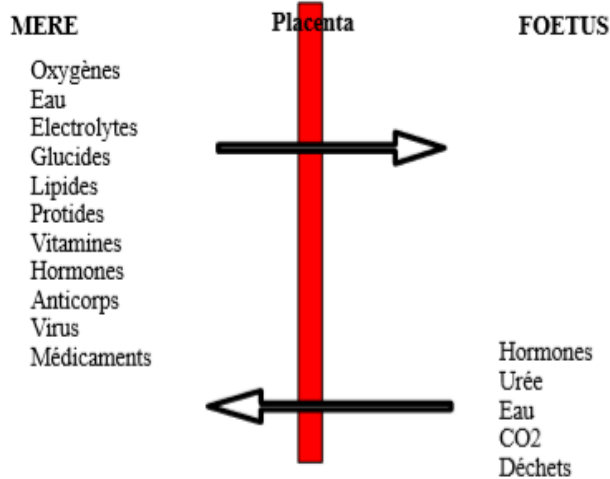
Le CO₂

Le sang fœtal, libère son CO₂, très diffusible, dans la circulation maternelle selon le gradient de pression De

ce fait, le pH augmente donc l'hémoglobine fœtale fixe l'oxygène

III. Echanges Nutritifs

<u>L'eau</u>	<p>La diffusion de l'eau se fait par différence de pression osmolarité. Elle passe par des pores spécifiques, les aquaporines. A 35 SA, l'embryon extrait du sang de sa mère jusqu'à 3,5 litres/jour.</p>
<u>Les électrolytes</u>	<p>Ils suivent les mouvements de l'eau. Le fer et le calcium ne passent que dans le sens mère => fœtus par un système de transport actif. Le fœtus capte ces ions de manière intense et les concentre dans sa circulation. Le Ca²⁺ sert à la fabrication des os et le Fe²⁺ à la fabrication des cellules sanguines, du fœtus.</p>
<u>La glucose</u>	<p>Il représente 50% du métabolisme énergétique du fœtus. Le transport transplacentaire du glucose se fait par diffusion facilitée via un transporteur du glucose appelé « GluT ». Le placenta est capable de synthétiser et de stocker du glycogène au niveau du trophoblaste afin d'assurer les besoins locaux en glucose par glycogénolyse.</p> <p>La glycémie fœtale est égale aux 2/3 de la glycémie maternelle et évolue de façon <u>parallèle</u> à cette dernière.</p>
<u>Les lipides</u>	<p>Ils participent au métabolisme énergétique du fœtus et à l'édification de ses graisses. Dans le <u>dernier trimestre</u> de la grossesse, un fœtus fabrique 500g de graisses. Ces lipides traversent très facilement la barrière placentaire ainsi que tout ce qui liposoluble. Les lipides, les triglycérides et le cholestérol franchissent la barrière placentaire, sont décomposés dans le placenta qui synthétise selon ses besoins et ceux de l'embryon de nouvelles molécules lipidiques.</p>
<u>Les Acides Aminés</u>	<p>Les <u>protéines</u> sont trop grosses pour passer la barrière placentaire. Le fœtus a besoin des acides aminés pour fabriquer ses protéines bien qu'il fabrique aussi ses protéines via son glucose. Il les fait pénétrer dans son organisme via des systèmes de transport actif spécifiques de groupes d'acides aminés.</p> <p>Ils sont transférés sous le contrôle d'hormones, dont GH (Growth Hormone) et TSH (Thyroid Stimulating Hormone) qui présentent une concentration 2 à 3 fois plus élevée chez le fœtus que chez la mère.</p> <p>Les vitamines hydrosolubles traversent facilement la membrane placentaire, alors que les vitamines liposolubles (A, D, E, K = hormones de la coagulation) sont peu présentes dans le sang fœtal.</p>
<u>L'épuration</u>	<p>Les produits de dégradation du métabolisme, éliminés chez l'adulte par le foie ou le rein, traversent la barrière placentaire chez le fœtus et pour être éliminés par le système maternel.</p> <p>L'urée, l'acide urique, la créatinine sont des <u>produits du catabolisme des protéines</u>. Ils sont normalement éliminés dans l'urine. Le fœtus les élimine de façon non suffisante dans son urine, ils passent donc directement, par diffusion simple, dans la circulation maternelle pour y être éliminés.</p> <p>La bilirubine est le <u>produit de dégradation de l'hémoglobine</u>. Pour être éliminée, elle doit être conjuguée à une autre molécule, passer par le foie et être sécrétée dans la bile.</p> <p>Chez le fœtus, comme c'est une petite protéine, la bilirubine traverse le placenta, est conjuguée par le foie maternel et est éliminée par les voies maternelles.</p>



IV. Les autres échanges

Tout ce qui circule dans le sang maternel peut passer dans le sang foetal, selon la perméabilité du placenta.

- Les molécules de **petite taille et liposolubles passent facilement** la barrière placentaire.
- Les molécules **volumineuses et hydrosolubles ne peuvent passer** que grâce à un transport actif.
- Les **protéines** qui sont de grosses molécules hydrosolubles **ne passent que s'il existe un transport actif**.

1) Les anticorps sont des immunoglobulines (Ig) produites en présence d'un antigène, d'une bactérie, d'un virus...

- Les IgM se développent au premier contact
- Les IgG, sont des AC mémoires et se développent lors de contacts ultérieurs avec l'antigène, ils restent dans la circulation maternelle.
- **Les IgM ne traversent pas la barrière placentaire !**
- Les IgG passent dans le sang foetal car **à partir du 4eme mois** de grossesse, apparaissent à la surface du placenta, des transporteurs spécifiques.

Si on soupçonne une infection foetale, on **recherche des IgM** dans le sang : marqueurs de la contamination du foetus qui caractérisent la mise en place d'une réaction immunitaire. On ne mesure pas les IgG puisqu'elles sont d'origine maternelle ou foetale. Progressivement, le sang foetal s'enrichi des IgG venant de la mère dans la deuxième moitié de la grossesse.

C'est l'« immunisation passive » qui protège le foetus et le nouveau-né des agents infectieux pour lesquels la mère aura conçu des anticorps.

Certains AC présents dans la circulation maternelle peuvent détruire un antigène foetal en passant la barrière placentaire. C'est le cas dans l'**allo-immunisation Rhésus ou incompatibilité foeto-maternelle +++** A l'occasion de :

- **Petits traumatismes du placenta ou des membranes placentaires** (*choc, ponction de liquide amniotique ...*)
- **Surtout lors de l'accouchement ++**: des globules rouges foetaux peuvent passer dans la circulation générale maternelle. Une réaction immunitaire maternelle dirigée contre les antigènes érythrocytaires foetaux n'appartenant pas au groupe sanguin maternel peut se déclencher et produire des hémolysines spécifiques des antigènes. Cette réaction est d'autant plus forte et fréquente que la quantité de globules rouges foetaux passée dans la circulation maternelle est importante et que les antigènes qui diffèrent entre la mère et le foetus sont puissamment immunogènes.

2) alpha foeto-protéine :

Protéine foetale retrouvée en très faible quantité dans la circulation de la mère qui n'en fabrique pas. Si les **quantités** sont **trop élevées**, c'est un signe de **malformations** (neurologiques ++).

Exemples de protéines qui passent la barrière placentaire

<p><u>Les Médicaments</u></p>	<p>Certains médicaments passent la barrière placentaire. Ils peuvent avoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des effets positifs qui vont permettre de soigner le fœtus : <ul style="list-style-type: none"> ↳ <i>par exemple, pour traiter la tachycardie du fœtus, on prescrit à la mère une molécule qui ralentit le rythme cardiaque du fœtus</i> • des effets délétères, comme des effets tératogènes (entraînant des malformations) <ul style="list-style-type: none"> ↳ <i>par exemple, certains antibiotiques, certains antiépileptiques, un anti-acnéique, des inhibiteurs de la synthèse de cholestérol.</i>
<p><u>Les Hormones</u></p>	<p>Les hormones protéiques présentes dans la circulation maternelle ne diffusent généralement pas à travers la barrière placentaire car elles n'ont pas de transporteur.</p> <p>Les hormones stéroïdes (lipidiques) passent la barrière placentaire (car liposolubles ...).</p>
<p><u>Les Toxiques</u></p>	<p>L'alcool, les drogues, ... passent la barrière placentaire et vont provoquer des lésions chez le fœtus (retard de développement, retard mental, anomalies de formation des organes...)</p>
<p><u>Les Agents Infectieux</u></p>	<p>La contamination se passe en deux temps :</p> <ul style="list-style-type: none"> • traversée de la barrière ... • ... qui aboutit à la présence de l'agent infectieux dans le sang fœtal puis réaction (ou non) du fœtus à cet agent. <p>Si la mère n'est pas immunisée contre une infection (virale, bactérienne, parasitaire), il y a risque de contamination du fœtus <i>par exemple, la toxoplasmose</i></p> <p>Les virus et les bactéries peuvent passer la barrière très tôt au cours du développement. Les parasites, <u>plus volumineux</u>, passent au cours du 4eme mois.</p> <p>♥ Plus on avance dans la grossesse, plus l'agent infectieux risque d'infecter le fœtus mais celui-ci devient de plus en plus capable de se défendre grâce à sa propre immunité.</p> <p>Dans le cas des virus tératogènes, ils passent très tôt la barrière placentaire, au cours du développement, et infectent l'embryon qui est, à ce moment-là, incapable de se défendre.</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ <i>Par exemple, les virus de la rubéole, de la toxoplasmose ou le cytomegalovirus peuvent provoquer des malformations graves jusqu'au 4e mois, où se termine l'embryogenèse.</i>

Et Voilà fin de cette fiche !! J'espère qu'elle vous plaira... Si avez des questions ou quoi, n'hésitez à demander sur le forum.

Pleins de courage dans cette dernière ligne droite !!
(Et petite dédicace à ma Co-Tut' d'Amour que je kiffe <3)

Mathou della Nocce
Xoxo

