

Le potentiel chimique

Coucou les p'tits chats ! Voici la fiche complète sur le PC !! La fiche a été faite sur le modèle de la ronéo de l'année dernière. Evidemment dès que nous aurons accès aux nouvelles ronéos, nous compléterons si besoin nos fiches afin qu'elles soient MAJ. Après normalement, il ne devrait pas y avoir beaucoup de changements. J'espère qu'elle vous plaira. C'est parti !! ♥

I) Concepts de base

A- Diffusion liquide et gaz

La **diffusion** est la tendance d'une molécule dissoute dans l'air ou dans l'eau à se distribuer de **manière homogène par agitation thermique**. Cette molécule possède **un potentiel de diffusion (ou potentiel chimique = PC)**.

C'est un phénomène **thermodynamique** visant un état d'énergie minimal.

L'agitation thermique est le moteur de la **diffusion** +++++

Le PC d'une espèce est proportionnel à :

- ♥ Sa **concentration en un point** +++
- ♥ Son coefficient de diffusion *
- ♥ Sa mobilité mécanique dans le milieu *
- ♥ La température (= constante)

* Pas beaucoup d'importance en physio

B- La loi de Fick

++ LOI DE FICK ++

$$J_D(x) = -D \frac{dc}{dx}$$

x = distance entre 2 points

J_D = flux par diffusion (sur la distance x)

D = coefficient de diffusion

dc = différence de concentration entre A et B

dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dc/dx = gradient de concentration entre A et B

Signe négatif = le flux va en sens inverse de celui du gradient
(le sens du gradient est orienté par convention du - vers le +).

Potentiel chimique
de la molécule

♥ Si on considère la **Loi de Fick**, on constate que la **diffusion** est **proportionnelle** au **coefficient de diffusion** et au **gradient de concentration** entre deux points d'une molécule donnée ♥ +++

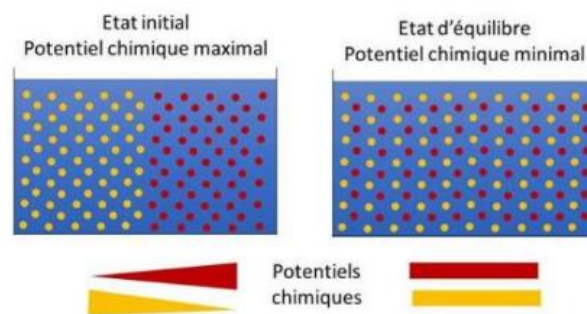
♥ POINTS IMPORTANTS ♥

⇒ Une molécule **diffuse** de l'endroit où elle est **le + concentrée vers l'endroit où elle est le – concentrée** (le flux va dans le sens OPPOSÉ du gradient de concentration d'où **le – dans la formule +++**)

⇒ Le **gradient de concentration** va **du – concentré vers le + concentré +**

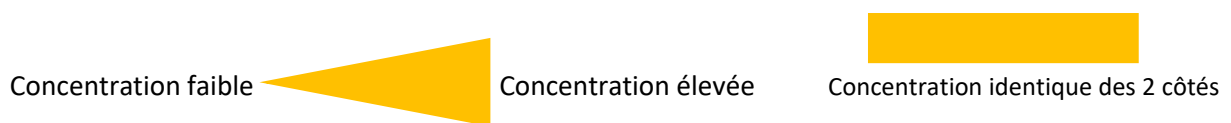
⇒ L'**eau** diffuse dans **le sens du gradient de concentration** car son but est de « diluer » la zone la + concentrée +++

Chaque molécule possède un **coefficient de mobilité mécanique** qui détermine son **coefficient de diffusion dans son milieu** (ex : dans le milieu extracellulaire, le sodium est moins mobile que le potassium).



Pour représenter les choses de manière plus pratique, on utilise des **triangles** dont la **base** **représente le potentiel chimique maximal** (la concentration en molécules est la + élevée) et **le sommet représente le potentiel chimique minimal** (la concentration en molécules est la + faible).

Ces triangles sont disposés ici par rapport aux **molécules jaunes** et **rouges** dans un **état initial non homogène**. Quelques temps après dans un **état d'équilibre**, **les potentiels chimiques s'annulent** grâce à la **diffusion**.



(La représentation graphique c'est suuuuper important = ça aide énormément pour la compréhension ++)

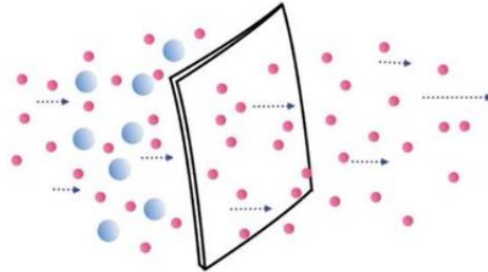
C- La pression osmotique

La **pression osmotique** correspond à la pression exercée par **les osmoles non diffusibles** à travers la paroi.

Les **osmoles** sont des molécules en **solution**. +++

Toute molécule en solution exerce une **pression osmotique proportionnelle** à sa **concentration** (même les molécules d'eau !).

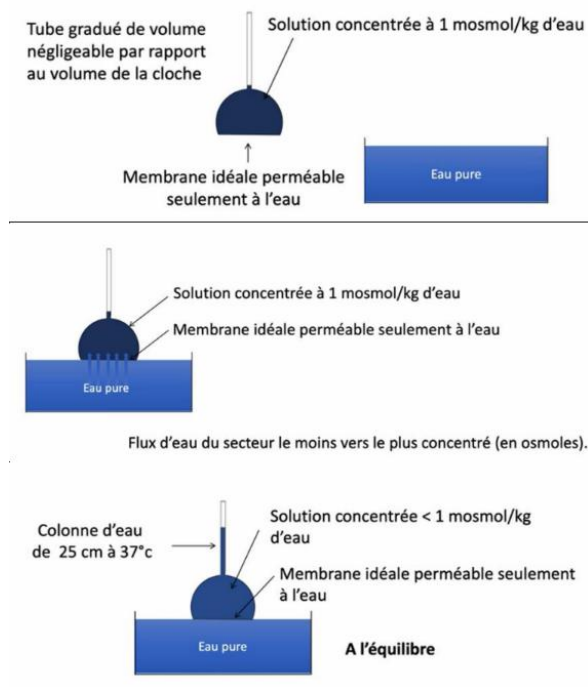
La **pression osmotique** est théoriquement mesurable par la mise en contact de deux solutions de concentration différente par l'intermédiaire **d'une membrane SELECTIVE** +++



Ici, on peut observer une membrane sélective car elle ne laisse passer **QUE les molécules roses** +++

Cette **pression osmotique** est une force importante, mise en évidence grâce à un **osmomètre** (ici représenté comme une cloche avec un tube gradué).

Mise en évidence de la pression osmotique grâce à l'osmomètre de Dutrochet



On dispose cette cloche sur un **bac d'eau pure** et qu'on y introduit une **solution faiblement concentrée**, on observe **un flux d'eau du secteur le - vers le + concentré**.

La **colonne d'eau** générée par ce flux sera **proportionnelle** à la **concentration de la solution sous la cloche**.

- Les **osmoles** se déplacent du **+ concentré au - concentré**.
- L'**eau** se déplacera du **- concentré au + concentré**. (Car la membrane est sélective !)
- Les osmoles et l'eau ont le même objectif = **égaliser les concentrations de chaque côté**. +++

D- Pression oncotique

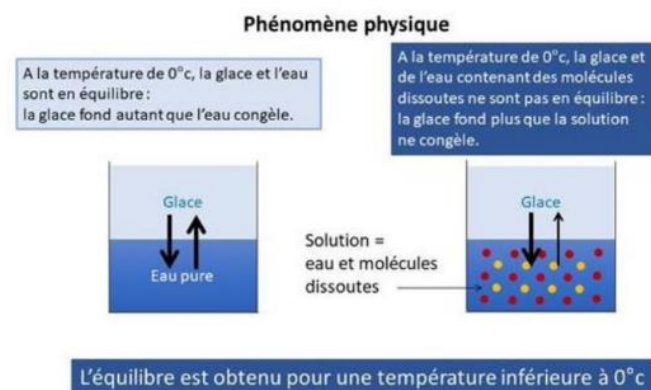
La **pression oncotique** correspond à la pression exercée par les molécules en suspension (*grosses molécules comme les protéines*).

C'est une pression qui est théoriquement mesurable à l'aide d'une *membrane sélective*.

Mais quelle est la différence entre les molécules en solution et les molécules en suspension ?

| Molécules en solution (Pression osmotique) | Molécules en suspension (Pression oncotique) |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ♥ Incapables de sédimer sous l'effet de la gravité (centrifugation). +++ ♥ Elles modifient la température de congélation de l'eau (abaissement cryoscopique). | <ul style="list-style-type: none"> ♥ Capables de sédimer après centrifugation +++ ♥ Elles ne modifient PAS la température de l'eau mais rendent l'eau + trouble. ♥ Elles augmentent la diffusion de la lumière et sont dosées par procédés optiques (néphélométrie). |

E- Abaissement cryoscopique



La capacité de l'eau à congeler autant que la glace fond à 0°C, est modifiée par **l'introduction d'osmoles dans l'eau** (ex : l'eau de mer qui ne congèle jamais quand il fait 0°C ou alors ça explique aussi la raison pour laquelle on verse du sel pour éviter les routes gèlent en hiver).

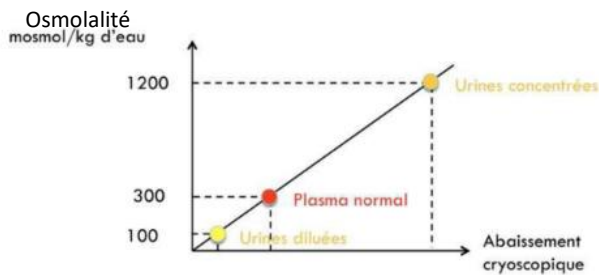
À 0°C, la glace et l'eau contenant des molécules dissoutes ne sont plus en équilibre : la glace fond + que la solution ne congèle +++.

Il faut donc **descendre en-dessous de 0°C** pour arriver à congeler une eau contenant des osmoles dissoutes. (et ainsi revenir à un état d'équilibre) +++

Cette propriété permet de définir **l'abaissement cryoscopique**.

++ **L'abaissement cryoscopique** est la *différence* entre la température de congélation de l'eau pure et celle d'une **solution**. ++

F- Mesure de l'osmolalité



Il existe une **relation linéaire** entre l'abaissement cryoscopique et l'osmolalité de la solution ++

♥ Il y a **THEORIQUEMENT** 2 méthodes pour mesurer la concentration de *molécules dissoutes* :

- Mesurer la **pression osmotique** (avec l'osmomètre de Dutrochet).
- Mesurer **l'abaissement cryoscopique**

En **PRATIQUE**, il n'y a qu'une seule façon de mesurer l'osmolalité : mesurer **l'abaissement cryoscopique** ++++

La **mesure de la pression osmotique est impraticable** en raison de l'absence de membranes perméables seulement à l'eau (membrane idéale) et de l'osmolalité élevée des fluides biologiques.

En effet, par exemple pour avoir une idée de ce que représente la concentration du plasma en pression osmotique, on peut imaginer utiliser l'osmomètre de Dutrochet avec sa membrane idéale. On mettrait une solution à 300 mosmol/kg (osmolalité du plasma) sous la cloche et on verrait la colonne d'eau monter jusqu'à **75m**, ce qui représente une force de pression colossale. (*Hauteur de la colonne de liquide = 75 m ⇒ impossible dans un laboratoire !!*)

CONCLUSION

- ♥ Les **substances dissoutes (osmoles) ou en suspension** exercent des forces de pression considérables sur les membranes qui les séparent.
- ♥ Ces forces dépendent de la concentration des solutions et de la perméabilité des membranes.
- ♥ Des **membranes idéales** ont été considérées ici ce qui n'est pas le cas dans l'organisme.
- ♥ Dans l'organisme, les passages d'osmoles à travers les vraies membranes dépendent des **pressions osmotiques et oncotiques**.

II) Filtration, diffusion et convection

A- Ultrafiltration, filtration et diffusion

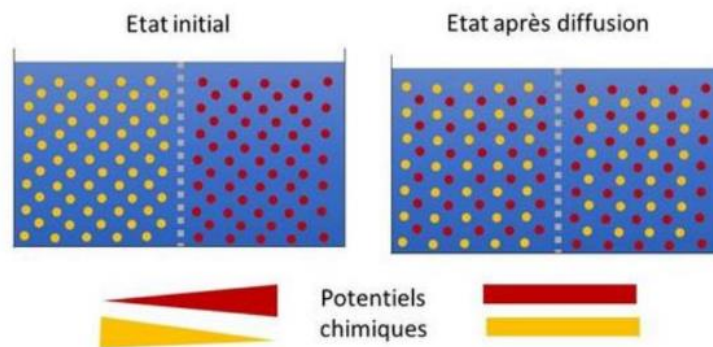
POINT DÉFINITIONS

- Φ **Filtration** : passage d'eau et de molécules en solution **OU** en suspension à travers une **membrane NON** sélective +++++
- Φ **Ultrafiltration** : passage d'eau et de molécule en solution à travers une **membrane sélective** (PAS de molécules en suspension ATTENTION !) +++
- Φ **Membrane sélective** : membrane qui retient un certain nb de composés d'un côté de la membrane.

♥ ORGANISME = ULTRAFILTRATION ♥

B- Diffusion et convection à travers une membrane

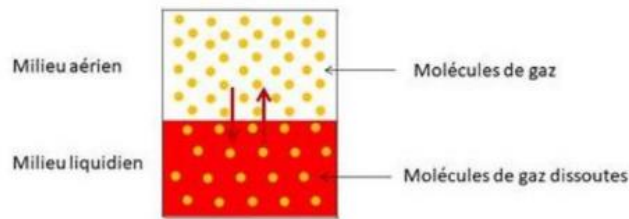
a) Diffusion à travers un liquide seul



♥ On rappelle que la diffusion obéit à la **loi de Fick** et fait intervenir un PC ♥

Lorsqu'on met en présence **2 solutions de composition différente** par l'intermédiaire d'une membrane \Rightarrow Les PC sont **initialement maximaux** et **nuls après diffusion** CAR la membrane n'est **PAS sélective**.

b) Diffusion des gaz à l'interface air-eau



flux de gaz (air → liquide) = coefficient de diffusion x gradient de pression partielle

Les **molécules de gaz aériennes** sont en équilibre avec les **molécules de gaz dissoutes** et le **flux de gaz air/eau** dépend du gradient de pression partielle ET du coefficient de diffusion.

Le gradient de pression partielle correspond à la pression **d'UN seul gaz** = la pression qu'il exercerait s'il occupait seul le volume du mélange

c) La convection

$$\text{Débit}(x) = -L_H \frac{dp}{dx}$$

x = distance entre 2 points

Débit = flux par convection (sur la distance x)

L_H = coefficient de mobilité mécanique dans le milieu

dp = différence de pression hydrostatique entre A et B

dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dp/dx = gradient de pression entre A et B

Signe négatif = le flux va en sens inverse de celui du gradient (le sens du gradient est orienté par convention du - vers le +).

La **convection** est la propriété d'un mélange de molécules liquides ou gazeuses de **se déplacer selon la pression hydrostatique qu'elles subissent** +++

La **force motrice de la convection** est la **pression hydrostatique** +++ (≠ de la diffusion = agitation thermique)

Le débit de fluides et d'osmoles va dépendre :

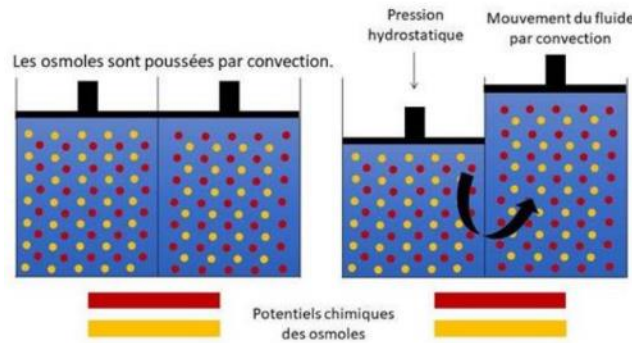
*Du **gradient de pression hydrostatique** $\frac{dp}{dx}$

*Du **coefficient de mobilité mécanique du fluide dans la membrane** L_H

Chaque molécule possède un coefficient de mobilité mécanique qui caractérise sa facilité de déplacement dans la membrane.

La **convection et la diffusion vont collaborer pour permettre aux molécules dissoutes d'avoir des mouvements harmonieux.** ♥

Convection à travers une membrane **NON** sélective

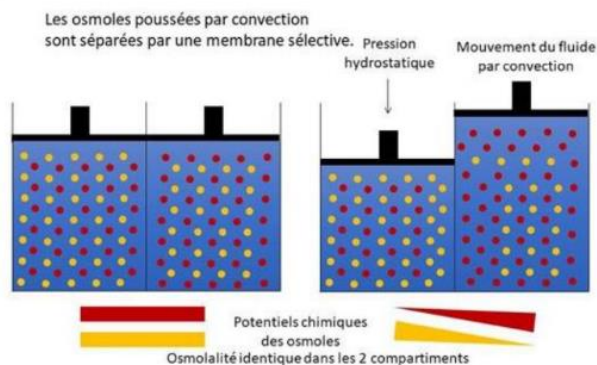


| | |
|---|---|
| <p>Au départ</p> | <p>Si on exerce sur le compartiment de gauche une pression hydrostatique</p> |
| <p>Les deux compartiments ont une composition osmolaire identique. On exerce une <u>pression hydrostatique</u> sur les 2 compartiments à l'aide de <i>pistons</i>.</p> | <p>La convection fait passer du liquide (eau + osmoles) du <u>compartiment de gauche</u> vers le <u>compartiment de droite</u> et <u>fait monter le piston du côté droit</u>.</p> <p style="text-align: center;">♥ PAS DE PC GÉNÉRÉ ♥</p> |

Oui mais pourquoi pas de PC ?

Car à **droite** il y a **moins d'eau et moins d'osmoles** et à **gauche** il y a **+ d'eau + d'osmoles** **DONC** au final **les concentrations sont identiques** +++ Et donc il n'y a **pas de PC !!!**

Convection à travers une membrane idéale sélective

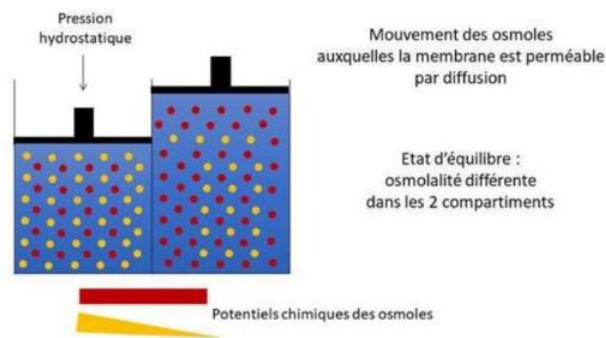


| | |
|---|--|
| Au départ | Si on exerce sur le compartiment de gauche une <u>pression hydrostatique</u> et par <u>convection</u> → on fait monter le couvercle droit |
| Les deux compartiments ont une composition osmolaire identique . Cependant ici la membrane est sélective = elle est <u>imperméable</u> aux molécules jaunes !!! | On accumule des molécules jaunes à gauche ⇒ on obtient un PC fort à gauche et un PC faible à droite. ♥ ON GÉNÈRE UN PC (jaunes) ♥ |

Remarque : **Au départ** on a un **PC** pour les **molécules rouges** MAIS si on attend une situation d'équilibre on observera une **absence de PC** pour les **molécules rouges** +++

>>> à suivre

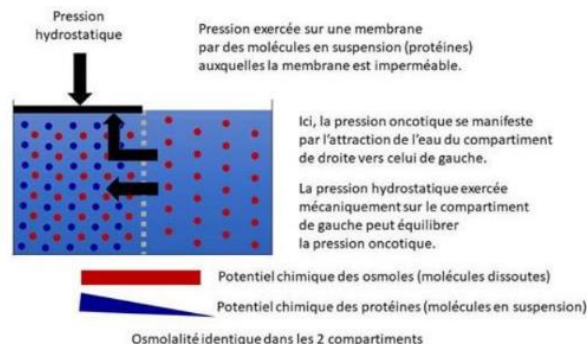
Suite de la situation précédente



Si on laisse la situation évoluer :

On observe une **diffusion des molécules rouges** de droite à gauche pour **équilibrer le PC** +++
MAIS les **molécules jaunes** gardent leur **PC** car la membrane est **imperméable** à ces molécules !!

En faisant agir conjointement des forces de **convection** et des **forces de diffusion** à travers une **membrane idéale sélective** = on obtient un **état d'équilibre** où l'**osmolalité est DIFFÉRENTE** entre les deux compartiments +++

d) Pression oncotique

Le **PC des protéines** est fort à gauche et le **PC des osmoles** est **équivalent** à droite et à gauche. **DONC** on observe un **flux d'eau de droite à gauche** +++ (on rappelle que l'eau diffuse **TOUJOURS** vers le compartiment le + concentré = dans le même sens que le gradient de concentration)

Si on exerce une **pression hydrostatique** sur le compartiment de droite = on génère un **flux opposé** = l'eau ne passe plus car elle est **repoussée** par la **pression hydrostatique** +++

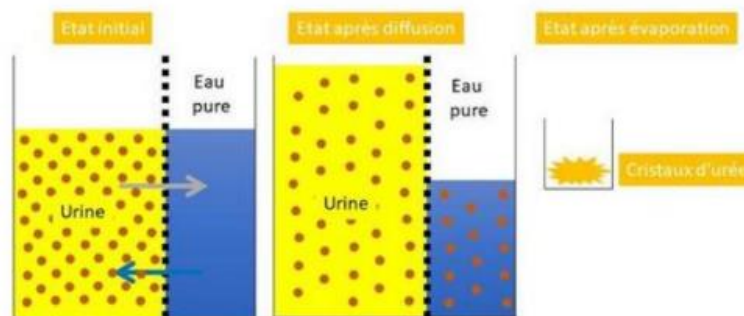
e) Notions supplémentaires

La dialyse

Historiquement, le terme **dialyse** a été utilisé lorsqu'on a mis en contact de l'**urine d'un côté**, de l'**eau pure de l'autre**, **séparés par une feuille de parchemin (pointillés noirs)**.

On observe **le passage d'eau pure vers l'urine et passage d'osmoles d'urine vers l'eau pure**. Au bout d'un certain temps on peut séparer des osmoles urinaires et les isoler dans l'eau pure.

En **évaporant l'eau pure** (= cristallisation) on obtient des **cristaux d'urée** (substance la plus abondante de l'urine).



Dialyse : « séparer à travers »

Variation du potentiel chimique en physiologie

Ces **exemples étaient théoriques (avec des membranes idéales)** mais nous verrons en physiologie que les variations de potentiel chimique sont les moteurs des échanges osmolaires entre les compartiments extérieurs et le sang.

Ainsi dans le compartiment intestinal, urinaire et pulmonaire les cellules vont modifier les concentration des osmoles ou des gaz dissouts tout au long de leur trajet. Ce travail cellulaire va être le moteur des échanges entre l'extérieur et le sang.

De la même manière **le travail cellulaire va produire des déchets qui vont être évacués dans le sang et le sang va amener des nutriments aux cellules, qui vont rentrer dans le cytoplasme sous l'effet de leur PC.**

CONCLUSION

- ♥ Les compartiments de l'organisme contiennent des **substances dissoutes ou/et en suspension** séparées par des **membranes biologiques**.
- ♥ Les forces mises en jeu pour les échanges osmolaires entre les compartiments sont les **pressions hydrostatique, oncotique et osmotique**.

Si vous avez des questions surtout n'hésitez-pas ♥

« Le succès n'est pas la clé du bonheur. Le bonheur est la clé du succès. Si vous aimez ce que vous faites, vous réussirez. »

Albert Schweitzer

Croyez en vous ! Vous en êtes capables ♥



Vous (*les chats*) devant l'examen (*la souris*) quand vous maîtriserez la physio sur le bout des doigts ♥

Vous allez y arriver ☆