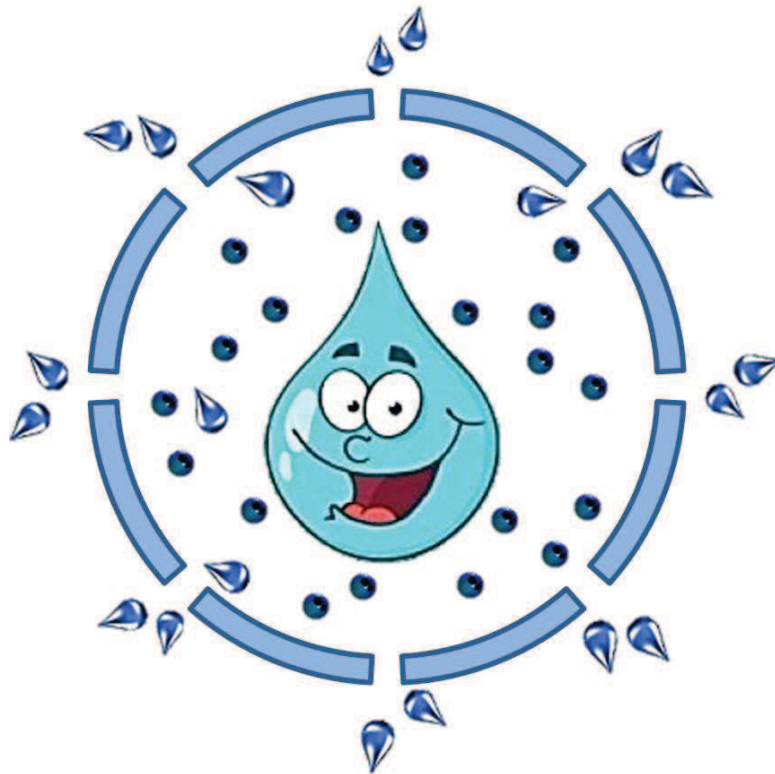


Printemps des Sciences 2013

Les défis de l'eau !

EAU'SMOSE, UNE QUESTION DE BON SENS



*HEFF – Catégorie paramédicale – Section Biologie médicale
Rue Terre-Neuve, 114 – 1000 Bruxelles
Tel : 02 545 03 00 – Fax : 02 545 03 08
heff.paramedicale@he-ferrer.eu*

Table des matières

Avant propos	2
Hyper-, hypo- : gain ou perte d'eau ?	4
1. Un poisson peut-il changer d'aquarium ?.....	4
1.1. Poisson d'eau de mer.....	4
1.2. Poisson d'eau douce	4
1.3. A quoi lui servent ses branchies ?	4
2. Quelle action a la concentration en sel sur les cellules?	5
2.1. Cellule végétale.....	5
2.2. Cellule animale.....	5
L'osmose : sens pratique !	7
1. Agitation thermique et mouvement brownien, ça bouge dans tous les sens !	7
2. Diffusion, une question de "partage" !.....	7
3. Osmose, "partage" sélectif !	8
4. Comparaison entre diffusion et osmose.....	9
Osмосe ? Non c'est l'inverse !	11
1. Qu'est-ce que l'osmosе inverse ?.....	11
2. Les membranes.....	11
3. Processus et efficacité de la filtration par osmosе inverse	11
3.1. Principe général	11
3.2. Efficacité des différentes technologies de filtration	12
4. Structure d'une membrane d'osmosе inverse.....	12
5. Osmose inverse et dialyse.....	13
Organe trépassе, organe remplace !	15
1. Le rein	15
1.1. Anatomie externe du rein	15
1.2. Anatomie interne du rein	15
1.3. Physiologie du rein	15
2. La dialyse.....	17
3. Le don d'organes en Belgique	17
Lexique	19
Références	23
Jouons un peu	24
Solutions	28

Avant propos

Comment homogénéiser une solution aqueuse si son soluté ne peut pas circuler librement ?

Un beau défi pour l'eau !

L'osmose le prend de haut : une question de bon sens !

Un poisson d'eau douce peut-il vivre dans l'eau de mer ?

En pratique, qu'est-ce que l'osmose ?

Osmose dans un sens ok, mais dans l'autre sens ?

Comment l'osmose purifie-t-elle le sang ?

Observation... adaptation biologique.

Explication... processus physique.

Exploitation... phénomènes chimiques.

Concrétisation... application biomédicale.

Ces défis relevés sont exposés tout au long de cette brochure !

En avez-vous l'eau à la bouche ?

Bonne lecture

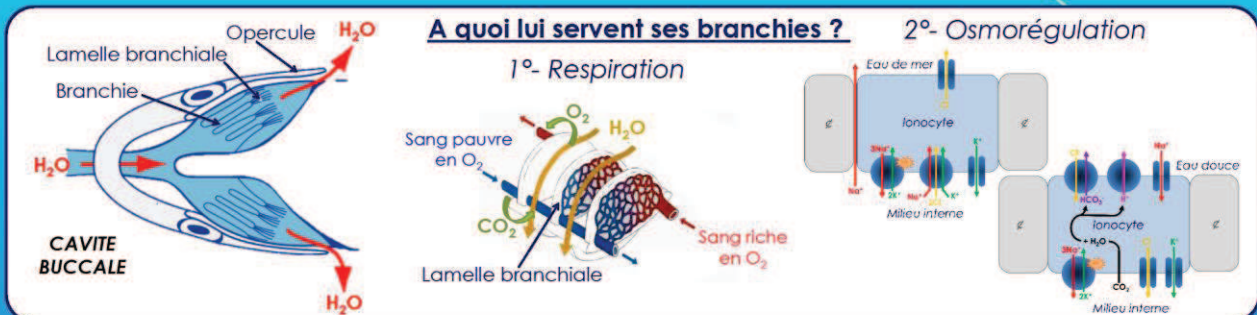
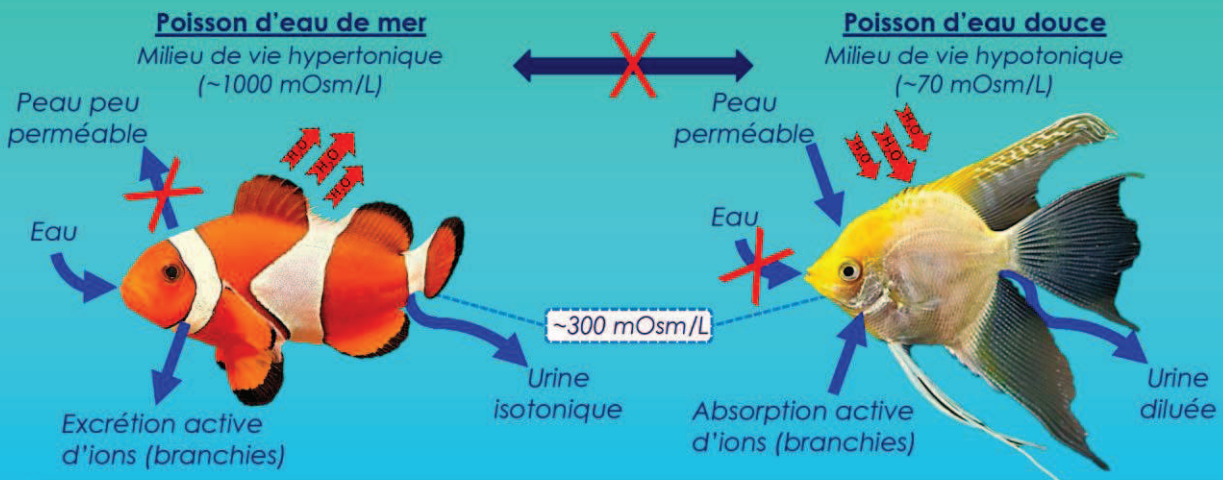


Eau'smose : une question de bon sens

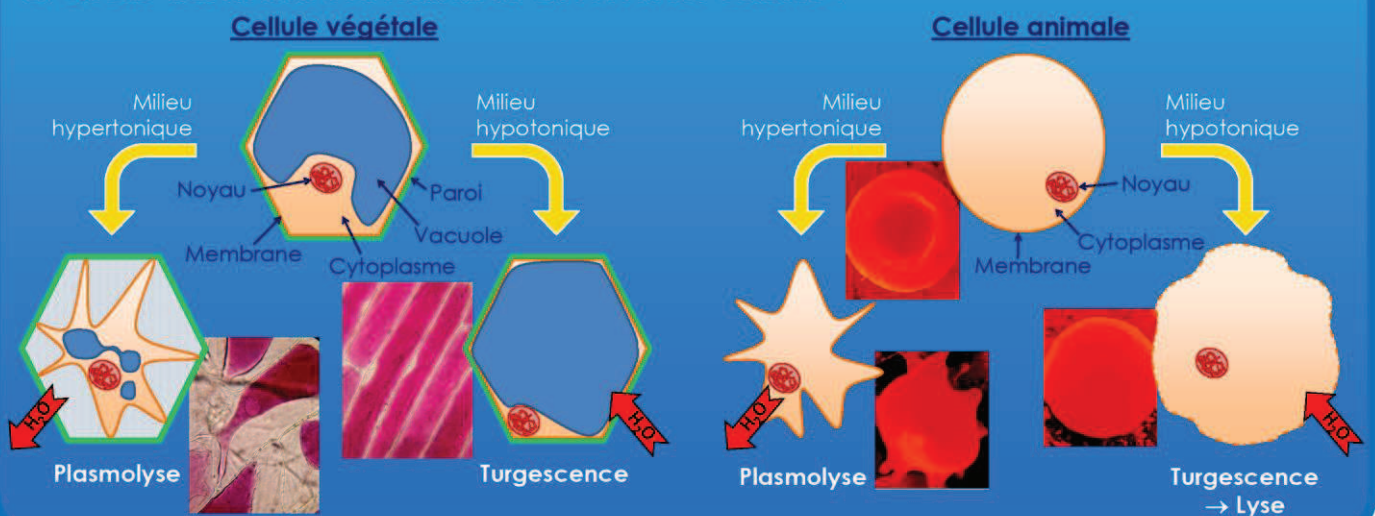
Etudiants de première année en Biologie médicale (1BM4)

Hyper-, hypo- : gain ou perte d'eau ?

1. Un poisson peut-il changer d'aquarium ?



2. Quelle action a la concentration en sel sur les cellules ?



Source : W. H. C. G. "Biologie et physiologie animales". Collébook Université, 1999. www.edu.uqam.ca/biologie/animales/collébook/9904028.pdf. http://www.biologie.uqam.ca/biologie/animales/collébook/9904028.pdf. http://www.biologie.uqam.ca/biologie/animales/collébook/9904028.pdf. http://www.biologie.uqam.ca/biologie/animales/collébook/9904028.pdf.

© Toute reproduction, même partielle, doit indiquer clairement le nom de tous les auteurs, le nom du Service/Département, ainsi que la mention « Printemps des Sciences 2013 – Bruxelles »

Hyper-, hypo- : gain ou perte d'eau ?

Le sel est-il nocif à forte dose pour un organisme vivant ? Présent dans la mer, est-il dangereux pour la vie marine ? Pourquoi la vie se développe-t-elle malgré une concentration élevée en sels minéraux alors que, dans la plupart des cellules, la concentration en sel est faible ? Nous tenterons d'élucider, ci-dessous, ce paradoxe au niveau organique à travers l'exemple du poisson ainsi qu'au niveau cellulaire.

1. Un poisson peut-il changer d'aquarium ?

Bien que reflétant leur origine marine par sa richesse en NaCl, la composition du milieu interne (fluides corporels) de tous les êtres vivants s'en est plus ou moins éloignée. La plupart des organismes ont acquis une concentration ionique globale propre (avoisinant les 300 mOsm/L) qu'ils maintiennent constante malgré les fluctuations de leur environnement. C'est l'osmorégulation.

En milieu aquatique, le poisson, par exemple, subit l'effet de l'excès ou de l'insuffisance de sel dans son environnement. Les poissons marins et d'eau douce, soumis à des conditions environnementales différentes, se sont spécifiquement adaptés à leur milieu de vie... l'un ne pouvant vivre dans le milieu de l'autre !

1.1. Poisson d'eau de mer

Milieu de vie hypertonique
(~1000 mOsm/L)

L'eau a tendance à sortir hors du poisson qui doit lutter contre la déshydratation.



- Sa peau, peu perméable, empêche l'organisme de se vider de son eau.
- Il ingère de grandes quantités d'eau salée.
- Son système rénal rejette de faibles quantités d'urine isotonique au sang.
(Il serait avantageux de fabriquer une urine concentrée mais il en est incapable.)
- Ses branchies excrètent activement des ions.

1.2. Poisson d'eau douce

Milieu de vie hypotonique
(~70 mOsm/L)

L'eau a tendance à rentrer dans le poisson qui doit lutter contre l'éclatement.



- Sa peau, perméable, laisse de l'eau entrer dans l'organisme.
- Il n'ingère pas d'eau douce.
- Son système rénal rejette de grandes quantités d'urine diluée.
- Ses branchies réabsorbent activement des ions.

1.3. A quoi lui servent ses branchies ?

Le rôle premier des branchies est la respiration. Les mouvements respiratoires permettent le trajet de l'eau depuis la bouche, où elle est captée, jusqu'aux opercules qui l'éliminent *via* les ouïes. Le renouvellement de l'eau le long des branchies leur permet d'en absorber l'oxygène (O₂) qui passe dans le sang et d'y rejeter le CO₂, déchet du métabolisme.

Leur second rôle est la régulation des concentrations en sels dans l'organisme grâce à des cellules particulières, appelées ionocytes. Très différentes entre les organismes d'eau douce et marins, elles possèdent, dans leur membrane, des transporteurs actifs d'ions (Na^+ , K^+ , Cl^- , ...).

2. Quelle action a la concentration en sel sur les cellules?

Les organismes vivants dépendent de l'énergie pour maintenir leur milieu interne en équilibre ionique global. Malgré des compositions ioniques différentes, les milieux intracellulaire (pauvre en Na^+ et Cl^- mais riche en K^+ et anions organiques) et extracellulaire (riche en Na^+ et Cl^- mais pauvre en K^+ et anions organiques) ont quasiment toujours la même osmolarité.

Les cellules se trouvent ainsi en milieu isotonique. Les mouvements d'eau au travers de la membrane plasmique se font, dès lors, dans les deux sens et dans des proportions égales.

En présence d'un déséquilibre de concentration, cet équilibre dynamique est rompu. Dans un milieu contenant un excédent de sels minéraux (hypertonique), la cellule a tendance à se vider de son eau, c'est la plasmolyse. Au contraire, en présence d'un milieu n'en contenant pas assez (hypotonique), elle a tendance à gonfler, on parle alors de turgescence.

De structure différente, les cellules animale et végétale réagissent différemment lorsqu'elles sont placées dans ces situations.

2.1. Cellule végétale

La cellule végétale possède une membrane plasmique surmontée d'une paroi rigide et, dans son cytoplasme, une vacuole contenant, entre autres, de l'eau et des sels minéraux.

En milieu hypertonique (plasmolyse)

La vacuole se vide de son eau, le cytoplasme se rétracte et la membrane cytoplasmique se décolle partiellement de la paroi. Cette dernière restant en place, la cellule conserve sa forme.

En milieu hypotonique (turgescence)

La vacuole se gorge d'eau et occupe la quasi-totalité du cytoplasme. La dilatation de la cellule est stoppée par la paroi cellulosique, empêchant dans un premier temps son éclatement.

2.2. Cellule animale

La cellule animale est délimitée par une simple membrane cytoplasmique, relativement fine, et ne possède ni paroi ni vacuole.

Le cytoplasme perd son eau, il se rétracte et le volume cellulaire diminue.

Le cytoplasme se gorge d'eau et exerce une pression sur la membrane plasmique qui, à l'extrême, peut céder. La cellule éclate, c'est la lyse cellulaire.

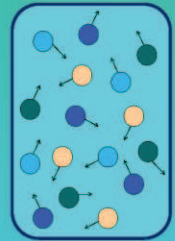


Eau'smose : une question de bon sens

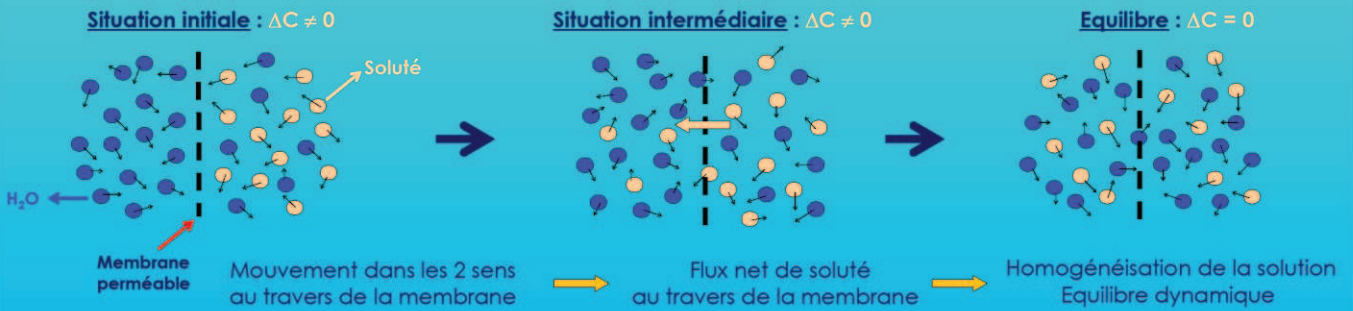
Etudiants de première année en Biologie médicale (1BM1)

Osmose : sens pratique !

1. Agitation thermique et mouvement brownien, ça bouge dans tous les sens !



2. Diffusion, une question de "partage" !

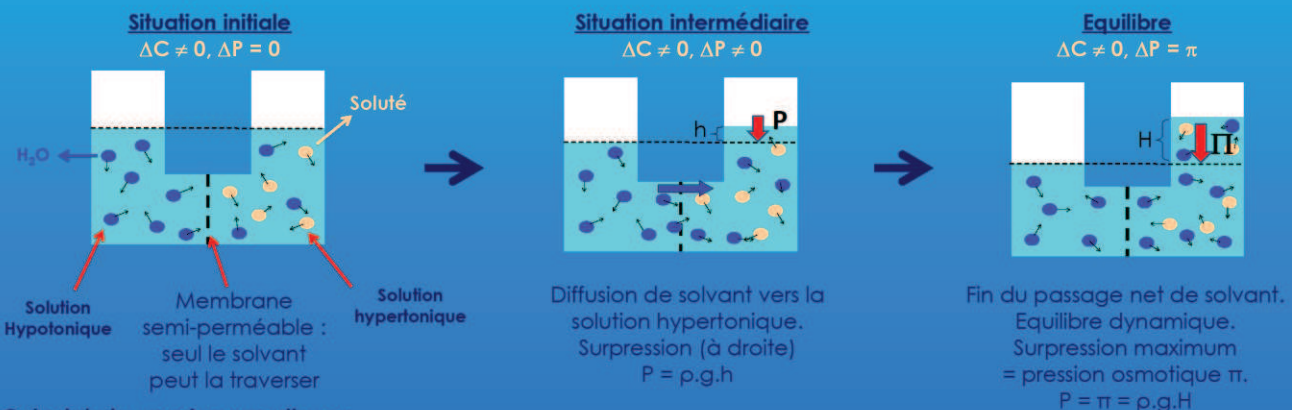


Exemple : une goutte de colorant dans de l'eau



Le colorant mis dans l'eau diffuse jusqu'à homogénéisation complète de la solution.

3. Osmose, "partage" sélectif !



Calcul de la pression osmotique :

Analogie avec les gaz parfaits
Soit 2 gaz avec $C_{\text{hypo}} < C_{\text{hyper}}$
 $C = n/V$
et R la constante des gaz parfait.

$$PV = nRT \rightarrow P = nRT/V \rightarrow P = CRT$$

$$\Delta P = P_{\text{hyper}} - P_{\text{hypo}} = \Delta C RT$$

Pour une solution : $\pi = i \cdot R \cdot T \cdot \Delta C$
où i est le facteur de Van't Hoff (nb de particules de solutés par unité de molécule).

Sources : <http://phyfont.bea.5.fach1@diffusion.osmose.org>

© Toute reproduction, même partielle, doit indiquer clairement le nom de tous les auteurs, le nom du Service/Département, ainsi que la mention « Printemps des Sciences 2013 – Bruxelles »

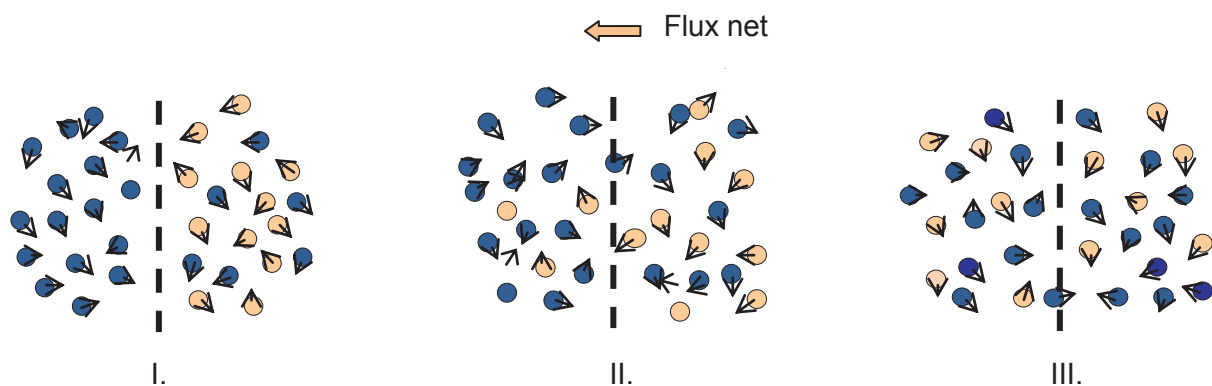
L'osmose : sens pratique !

1. Agitation thermique et mouvement brownien, ça bouge dans tous les sens !

Dans un milieu, la chaleur donne de l'énergie aux molécules. Grâce à cette énergie, elles sont animées d'un mouvement rectiligne. Sur leur chemin, elles rencontrent nécessairement d'autres molécules et entrent en collision avec celles-ci. Après la collision, leur trajectoire est modifiée de manière aléatoire. Il en résulte un déplacement des molécules dans tous les sens. Cette agitation thermique des molécules est également définie comme étant le mouvement brownien.

2. Diffusion, une question de "partage" !

La figure ci-dessous montre les étapes de la diffusion.



I. Prenons deux compartiments séparés par une membrane perméable qui laisse passer toutes les molécules dans les deux sens. Sur la figure ci-dessus, le milieu de droite contient du soluté et du solvant, il est appelé milieu hypertonique. Le milieu de gauche composé exclusivement de solvant sera appelé milieu hypotonique par rapport au premier. Il existe alors une différence de concentration (ΔC) de part et d'autre de la membrane.

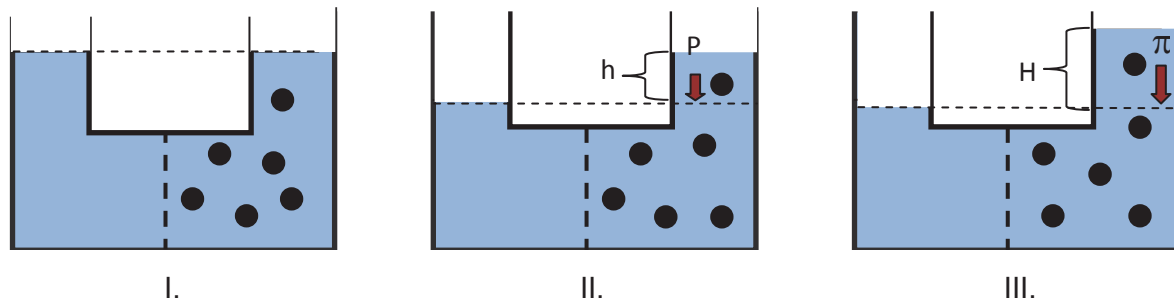
II. Grâce à l'agitation thermique, les molécules se déplacent dans tous les sens, y compris au travers de la membrane, de droite à gauche et de gauche à droite, produisant le mélange entre les deux milieux. Un flux net de soluté (F) de la solution hypertonique vers la solution hypotonique est observé et va tendre à homogénéiser le mélange. Ce flux (exprimé en mol/s) dépend de la surface (S) qui sépare les deux milieux, du gradient de concentration ($\Delta C/\Delta x$) où x est l'épaisseur de la membrane et du coefficient de diffusion (D) caractéristique du couple soluté-solvant (densité, forme, taille, charge) et dépendant aussi de la température.

$$F = D S \Delta C/\Delta x$$

III. Le flux net s'arrête lorsqu'il n'y a plus de différence de concentration entre les deux zones, on dit alors que les milieux sont isotoniques. L'équilibre est atteint. Le mouvement brownien ne s'arrête jamais, on parle dès lors d'un équilibre dynamique, un déplacement des molécules est toujours observé dans les deux sens au travers de la membrane.

3. Osmose, "partage" sélectif !

La figure ci-dessous montre les étapes de l'osmose.



I. Au départ, tout comme dans la diffusion, une différence de concentration est présente entre deux compartiments. Cependant dans le cas de l'osmose, les deux milieux sont séparés par une membrane semi-perméable au travers de laquelle le solvant peut passer mais pas le soluté. Dans l'exemple ci-dessous, le compartiment de gauche est composé de solvant uniquement et celui de droite d'une solution de concentration C.

II. Comme la membrane est semi-perméable, seul le solvant va donc **diffuser** au travers de la membrane, c'est l'osmose. Le flux de solvant s'effectue du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique afin de diluer ce dernier. Le passage du solvant d'un compartiment à l'autre va créer une augmentation du niveau d'eau du côté hypertonique. La différence de niveaux, h, exerce une pression hydrostatique (P) additionnelle au niveau de la membrane du côté de la solution hypertonique :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

où ρ est la masse volumique de la solution et g l'accélération de la pesanteur.

III. A l'équilibre, il n'y a plus de passage net de solvant d'un milieu à l'autre car la pression hydrostatique empêche celui-ci (différence de niveau, H). Cette pression hydrostatique maximum s'appelle la pression osmotique, π :

$$\pi = \rho \cdot g \cdot H$$

A nouveau, il s'agit d'un équilibre dynamique. Cependant, contrairement au cas de la diffusion, il n'y a pas homogénéisation des concentrations ($\Delta C \neq 0$). Il reste donc, de part et d'autre de la membrane, une différence de concentration ainsi qu'une différence de pression hydrostatique : la pression osmotique.

La pression osmotique (π) peut aussi être définie comme la pression minimum qu'il faut exercer pour empêcher le passage du solvant d'une solution hypotonique à une solution hypertonique au travers d'une membrane semi-perméable.

La pression osmotique peut être calculée grâce à la relation suivante :

$$\pi = i \cdot R \cdot T \cdot \Delta C$$

où R est la constante des gaz parfaits, T, la température absolue et i, le facteur de Vant'Hoff, égal au nombre de particules de solutés par unité de formule ou molécule.

L'analogie avec les gaz parfaits permet de comprendre l'existence de cette surpression dans la solution diluée et les principaux facteurs intervenant dans la formule de la pression osmotique.

En effet, la loi des gaz parfait permet de montrer simplement que deux gaz de concentrations différentes occupant un volume de taille identique (V) ne sont pas soumis à la même pression :

$$PV = nRT \quad \Leftrightarrow \quad \left. \begin{array}{l} P = nRT/V \\ \text{et } n/V = C \end{array} \right\} \quad \Leftrightarrow \quad P = CRT$$

$$\Rightarrow \quad P_{\text{hypo}} = C_{\text{hypo}}RT \quad < \quad P_{\text{hyper}} = C_{\text{hyper}}RT$$

Il en résulte : $\Delta P = P_{\text{hyper}} - P_{\text{hypo}}$.

Il est également important de remarquer que la pression osmotique est une propriété colligative c'est-à-dire qui dépend uniquement du nombre de particules en solution diluée et non de leur nature.

4. Comparaison entre diffusion et osmose

		Diffusion	Osmose
Situation initiale	Concentration	$\Delta C \neq 0$	$\Delta C \neq 0$
	Membrane	Perméable	Semi-perméable
Flux net		Soluté	Solvant
Situation d'équilibre	Concentration	Homogène $\Delta C = 0$	Non-homogène $\Delta C \neq 0$
	Pression	$\Delta P = 0$	$\Delta P = \pi$ Pression osmotique
	Dynamique	Oui	Oui
Propriété colligative ?		Non	Oui



Eau'smose : une question de bon sens

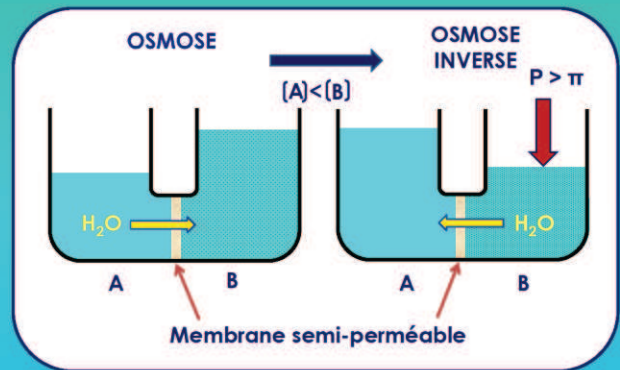
Etudiants de première année en Biologie médicale (1BM3)

Osmose ? Non, c'est l'inverse !

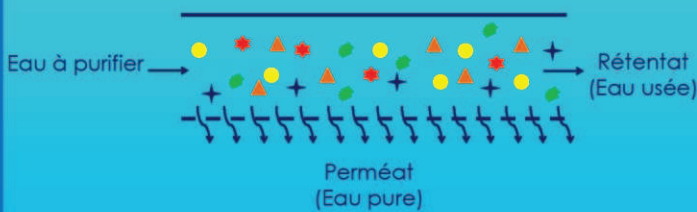
1. Qu'est-ce que l'osmose inverse ?



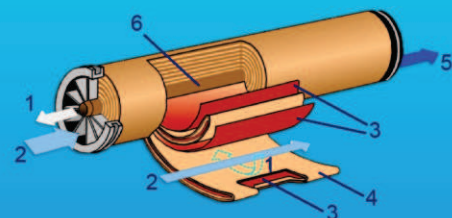
Procédé mis au point par les services de la N.A.S.A pour recycler et purifier l'urine des astronautes.



2. Processus et efficacité de la filtration par osmose inverse

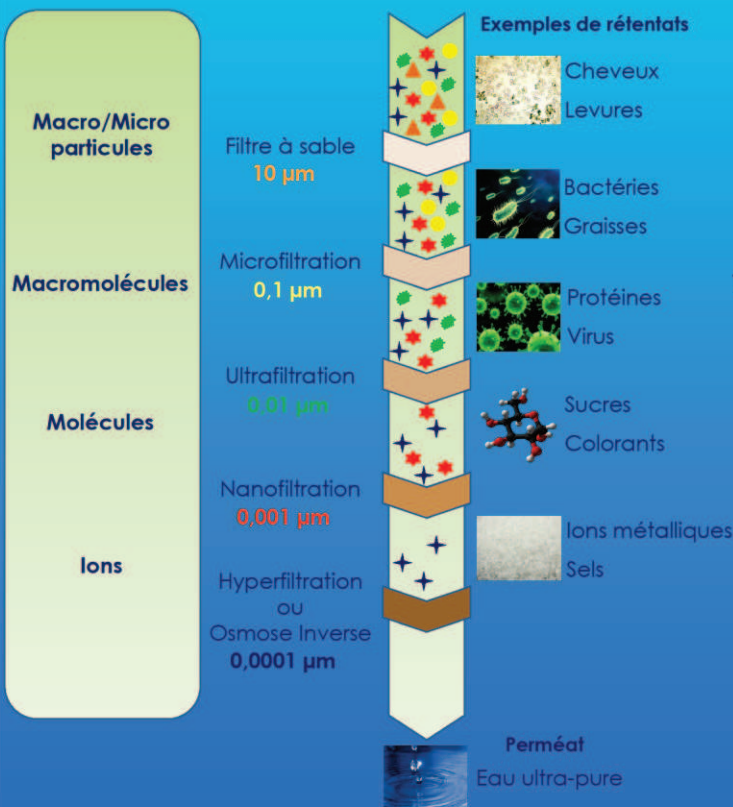
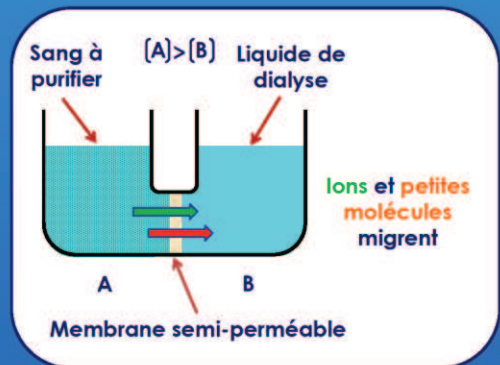


3. Structure d'une membrane d'osmose inverse



1. Perméat
2. Eau à purifier
3. Séparateur poreux
4. Compartiment à membranes
5. Rétentat
6. Tube poreux collecteur de perméat

4. Osmose inverse et dialyse



Osmose ? Non c'est l'inverse !

Peut-on boire l'eau d'un aquarium ? Pourrions-nous vivre sans une eau de qualité ? Non ! Une eau saine est essentielle à la bonne santé de l'homme. Le traitement de l'eau à différents niveaux (dessalement de l'eau de mer, production d'eau potable, production d'eau ultra-pure pour diverses applications industrielles, traitement d'eau usée,...) est une réalité. Actuellement, l'osmose inverse s'impose de plus en plus comme technique de filtration et de purification.

1. Qu'est-ce que l'osmose inverse ?

Ce procédé, né au XX^e siècle, a été mis au point par les services de la N.A.S.A afin de purifier et de recycler l'eau consommée et éliminée par les astronautes.

Dans l'osmose inverse, le processus naturel d'osmose est inversé par application sur la solution hypertonique d'une pression supérieure à la pression osmotique. Ainsi, le passage de l'eau pure est forcé à travers une membrane semi-perméable.

Les osmoseurs utilisent ce principe pour obtenir de l'eau purifiée.

2. Les membranes

La pièce principale d'une installation d'osmose inverse (ou d'un osmoseur) est sa membrane. Le choix et la qualité de cette membrane sont donc d'une grande importance.

Une membrane est un mince film permettant une séparation sélective d'espèces chimiques ioniques, moléculaires ou d'organismes biologiques. Elle est caractérisée par sa sélectivité, sa perméabilité, ses qualités de stabilités chimique (pH, oxydants, dichlore..), thermique et microbiologique ainsi que par sa résistance mécanique.

Les membranes utilisées en osmose inverse sont des membranes organiques fabriquées en acétate de cellulose ou en polymères de synthèse (polyamides et polysulfones). Semi-perméables, elles sont imperméables à la très grande majorité des composés dissous dans l'eau. Théoriquement, elles ne laissent passer que les molécules d'eau.

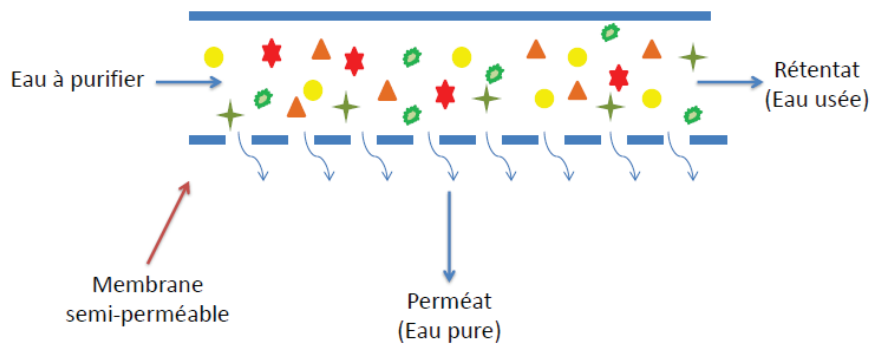
3. Processus et efficacité de la filtration par osmose inverse

3.1. Principe général

Sous l'effet d'une différence de pression, la solution à traiter est mise en circulation tangentielle à la membrane. Ce type d'écoulement a l'avantage de limiter l'accumulation sur la membrane de divers contaminants (particules, molécules, ions). Ces derniers sont emportés par le flux d'eau à l'extérieur du système.

La solution à traiter se sépare, au niveau de la membrane, en deux parties de concentrations différentes :

- La partie non filtrée correspond à l'eau usée, chargée en particules et molécules retenues par la membrane, c'est le rétentat.
- La partie filtrée correspondant à l'eau purifiée, c'est le perméat.



3.2. Efficacité des différentes technologies de filtration

Il existe 5 procédés membranaires de filtration de l'eau à gradient de pression. Ces procédés se distinguent par la taille et le type de particules qu'ils peuvent séparer :

- le filtre à sable permet de retenir des éléments de plus de 10 μm comme les levures et les cheveux.
- la microfiltration (MF) permet de retenir des éléments de à 0,1 à 10 μm comme les bactéries, les lipides et les graisses ainsi que certaines macromolécules.
- l'ultrafiltration (UF) permet de retenir des éléments de 0,01 à 0,1 μm comme les virus ainsi que la plupart des protéines et les polymères organiques de hauts poids moléculaires.
- la nanofiltration (NF) permet de retenir des éléments de plus d'environ 0,001 μm comme les ions divalents, la matière organique dissoute et les sucres.
- l'osmose inverse (OI) ou hyperfiltration permet de retenir des éléments de plus de 0,0001 μm .

L'osmose inverse est, de loin, la filtration la plus fine. La quasi-totalité des molécules de taille supérieure à celle de la molécule d'eau seront bloquées. En effet, 95 à 99 % des particules solides dissoutes et 100 % des microorganismes sont éliminés. Parmi ces différentes techniques de filtration, l'osmose inverse est la seule capable d'éliminer les polluants les plus fins tels que les pesticides et herbicides. L'eau ainsi filtrée devient ultra-pure.

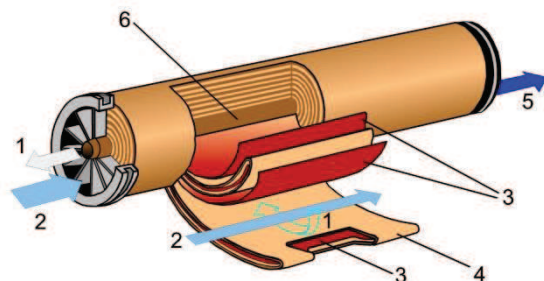
L'osmose inverse se distingue également des 4 autres procédés par son mécanisme de filtration. En effet, la membrane d'osmose inverse est dense (taille des pores inférieure à 0,0001 μm). Le mécanisme de filtration consiste en une solubilisation suivie d'une diffusion à travers la membrane. Le transfert ne dépend donc que de la solubilité des particules dans le milieu membranaire. Pour les autres procédés, les membranes sont poreuses et les mécanismes mis en jeu sont la convection et la diffusion dans les pores de la membrane.

Afin de protéger les membranes d'osmose inverse et augmenter leur durée de vie, leur utilisation est souvent précédée d'une ou plusieurs étapes de filtration.

4. Structure d'une membrane d'osmose inverse

Pour être utilisées, les membranes d'osmose inverse doivent être montées sur des supports mécaniques poreux résistants à la pression appliquée pour faire passer le solvant du milieu hypertonique vers le milieu hypotonique. Les pressions pouvant atteindre des centaines de bars, ces supports permettent de protéger les membranes d'une éventuelle déformation et/ou rupture.

Ces supports sont appelés modules et différents types sont actuellement commercialisés. Le module à membrane spiralée, représenté ci-dessous, est l'un des plus répandus. C'est également ce dernier qui est utilisé dans les osmoseurs domestiques.



1. Perméat (eau pure)
2. Eau d'alimentation
3. Séparateur poreux
4. Compartiment à membranes
5. Rétentat (eau concentrée usée)
6. Tube poreux collecteur de perméat

Ce type de module spiralé contient une membrane plane enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le perméat. Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

5. Osmose inverse et dialyse

Au même titre que l'osmose inverse, la dialyse est un procédé de purification par membrane semi-perméable de molécules ou d'ions en solution. Cependant, dans le cas de la dialyse, la force utilisée, pour que les espèces chimiques et les ions puissent traverser la membrane est un gradient de concentration et non de pression.

Les ions et les petites molécules d'une solution concentrée A (par exemple, le sang) traversent la membrane et passent dans le compartiment B contenant l'eau distillée (par exemple, le liquide de dialyse) jusqu'à égaliser leurs concentrations si l'eau en B n'est pas renouvelée (dialyse à l'équilibre) ou jusqu'à élimination totale si l'eau (ou le liquide de dialyse) en B est renouvelée en continu. Les macromolécules restent dans le compartiment A.

Organe trépasse, organe remplace !

1. Le rein

Le rein est un organe vital hautement vascularisé. Il sert à purifier le sang ainsi qu'à régler son volume et sa composition.

1.1. Anatomie externe du rein

Il s'agit d'un organe double en forme de haricot situé dans la région rétro-péritonéale et coiffé de la glande surrénale. Le rein droit est situé sous le foie et le rein gauche sous la rate.

1.2. Anatomie interne du rein

Le rein est composé de l'extérieur vers l'intérieur du cortex rénal, de la médullaire rénale formée d'environ 8 pyramides de Malpighi et du sinus rénal. Le hile rénal permet l'entrée et la sortie des vaisseaux sanguins et de l'uretère.

Chaque rein est constitué d'environ 1 million de néphrons dans lesquels l'urine est élaborée. Ceux-ci sont situés principalement au sein de la médullaire rénale.

Chaque néphron est constitué d'un corpuscule rénal et d'un tubule rénal. Le corpuscule se compose d'un glomérule et d'une capsule de Bowman. Le glomérule est un réseau de capillaires dont la paroi est formée d'un endothélium simple très perméable permettant la filtration du sang. Le filtrat, ou urine primitive, est récolté par la capsule de Bowman puis évacué dans les tubules.

Le tubule rénal est formé de trois régions distinctes : le tubule contourné proximal, l'anse de Henlé, munie d'une branche descendante perméable aux molécules d'eau et d'une branche ascendante perméable aux ions sodiums (et chlorure), et du tubule contourné distal sensible aux hormones comme l'aldostérone ou l'hormone antidiurétique. Ce dernier se prolonge par le tubule collecteur de Bellini chargé d'évacuer l'urine définitive.

1.3. Physiologie du rein

Le rein a un rôle essentiel dans le maintien de l'homéostasie. Il permet d'éliminer divers déchets métaboliques comme l'urée ou la créatinine et d'assurer le maintien des équilibres hydro-électrolytiques et acido-basique.

La formation de l'urine s'articule sur deux phénomènes : la filtration glomérulaire et l'ajustement tubulaire.

→ La filtration glomérulaire

Les capillaires glomérulaires présentent une membrane très perméable. Ressemblant à un tamis, celle-ci laisse passer, sous l'effet de la pression artérielle, les molécules de petit diamètre comme l'eau, les ions, le glucose, les acides aminés et les déchets métaboliques. L'urine primitive ainsi formée (180 L par jour) se retrouve dans la capsule de Bowman. Par contre, les protéines, les lipides et les éléments figurés du sang, plus gros, restent dans le compartiment sanguin.

→ L'ajustement tubulaire

L'ajustement tubulaire assure la transformation de l'urine primitive en urine définitive et repose sur deux phénomènes distincts à savoir la réabsorption tubulaire et la sécrétion tubulaire.

Au niveau du tubule contourné proximal, la réabsorption permet la restitution au sang de 80 % des composés passés dans l'urine primitive. Les ions Na^+ sont pris en charge par une pompe qui va les réintroduire dans le sang. Leur transfert s'accompagne d'un mouvement de molécules d'eau par osmose et favorise la diffusion spontanée des ions K^+ , HCO_3^- et Ca^{2+} . De plus, la présence de transporteurs spécifiques assure le transport simultané d'un nombre limité d'ions sodium et d'un nutriment tel que le glucose vers le sang.

La sécrétion tubulaire assure la réintroduction dans l'urine de substances, comme l'urée, qui ont été réabsorbées passivement et l'ajout de composés qui n'ont pas été filtrés.

L'urine ainsi formée est isotonique.

Ensuite, l'urine primitive atteint l'anse de Henlé dont la perméabilité sélective assure la production d'un gradient osmotique : la branche descendante autorise la diffusion des molécules d'eau des urines vers le sang mais elle est imperméable aux ions sodium, tandis que la branche ascendante permet le transfert des ions sodium de l'urine vers le sang mais elle est imperméable aux molécules d'eau.

L'urine ainsi formée à la sortie de l'anse de Henlé est hypotonique.

Une réabsorption facultative d'ions peut avoir lieu au niveau distal sous contrôle hormonal en cas d'un déficit ionique de l'organisme. De plus, les cellules du tubule contourné distal ont la capacité de déverser dans l'urine des substances toxiques comme l'ammoniac ou des électrolytes afin d'en favoriser l'élimination sanguine.

Finalement, l'urine hypotonique est déversée dans le tubule collecteur de Bellini où elle peut subir un dernier ajustement en fonction des besoins hydriques de l'organisme par l'action d'un gradient osmotique ou sous l'influence de l'hormone antidiurétique. Elle peut donc être hypotonique ou hypertonique suivant les besoins de l'organisme.

Le tableau ci-dessous représente la comparaison entre la composition chimique des urines primitive et définitive.

Substances chimiques	Quantité dans les urines primitives	Quantité dans les urines définitives
Débit	180 L/24 h	1,5 L/24 h
Ions sodium	3,25 g/L	4 g/24 h
Ions potassium	0,2 g/L	3 g/24 h
Ions calcium	0,1 g/L	0,2 g/24 h
Ions bicarbonate	1,6 g/L	0,2 g/24 h
Urée	0,3 g/L	20 g/24 h
Créatinine	0,01 g/L	0,002 g/24 h

2. La dialyse

Lorsqu'une insuffisance rénale aiguë est déclarée, un traitement substitutif doit être établi. Il s'agit de la dialyse. Elle repose sur le principe de la diffusion de composés à travers une membrane séparant deux milieux différents.

Il existe deux techniques de dialyse, l'hémodialyse et la dialyse péritonéale.

La technique la plus courante est l'hémodialyse. Le sang est pompé à travers une membrane partiellement perméable, le dialyseur et traité de manière extracorporelle. Une solution isotonique au sang « épuré » (le liquide de dialyse) circule autour de cette membrane. Par diffusion, entre autres, grâce à la différence de concentration entre le sang et le liquide de dialyse, les déchets présents dans le sang « impur » sont éliminés. Lorsque les concentrations en ions essentiels sont adaptées, le sang garde sa composition constante en éléments nutritionnels tout en se débarrassant de ses déchets. Le sang purifié est alors envoyé au patient. Une fistule artério-veineuse est réalisée afin d'accroître le débit sanguin.

Trois phénomènes interviennent précisément lors du passage à travers la membrane : la diffusion, la convection et l'osmose. En effet, comme au cours du transfert, le sang voit sa concentration augmenter suite à la perte d'eau par convection, un flux d'eau est observé par osmose.

L'hémodialyse est une technique contraignante car elle doit se réaliser, en général, trois fois par semaine pendant 4 heures. Cependant, elle offre une espérance de vie élevée.

Une technique moins courante est la dialyse péritonéale. Elle consiste à utiliser le péritoine comme membrane de dialyse. Les échanges s'effectuent entre le sang contenu dans le réseau mésentérique et le liquide de dialyse introduit dans la cavité péritonéale au moyen d'un cathéter. Finalement, le liquide chargé de déchets, d'ions excédentaires et d'eau est drainé par celui-ci. Cette dialyse peut être réalisée la nuit mais présente un risque infectieux élevé et s'accompagne d'une perte progressive de l'efficacité du péritoine. Elle ne peut se prolonger au-delà de deux à trois ans.

3. Le don d'organes en Belgique

Le don d'organes consiste à prélever un ou des organe(s) d'un corps humain (appelé donneur) pour traiter un ou des patient(s) (appelé(s) receveur(s)) dont l'un ou l'autre organe essentiel est gravement atteint. Le prélèvement peut s'effectuer sur des personnes en état de mort cérébrale (constatée par trois médecins qui ne peuvent pas faire partie des équipes de prélèvement ou de transplantation) ou à partir de donneurs vivants. Les principaux organes transplantables sont le cœur, les poumons, le foie, les intestins, le pancréas et les reins.

En Belgique, la loi sur les prélèvements et la transplantation d'organes, votée en 1986, prévoit que chacun soit donneur potentiel mais octroie aussi la possibilité de marquer son accord ou son opposition à un éventuel don d'organes par simple notification communale. En l'absence de celle-ci, le médecin et le coordinateur de transplantation s'adressent à la famille du donneur car un avis oral a pu être donné.

La greffe de rein permet un retour à la vie normale moyennant un traitement à base d'immunosuppresseurs afin de pallier au risque de rejet du greffon. Cependant, la liste d'attente est particulièrement longue. Les premières greffes rénales commencent en Belgique en 1965. Depuis, environ 2000 greffes rénales ont été réalisées avec une moyenne annuelle de 70 greffes dont 5 à 8 à partir de donneurs vivants. Il est possible de prélever le

rein à transplanter chez un volontaire puisque 25 % du tissu rénal suffisent aux besoins minimaux de l'organisme. Il faut, avant chaque transplantation, vérifier la compatibilité entre receveur et donneur (groupe sanguin, poids, taille, compatibilité tissulaire,...) et tenir compte du degré d'urgence et du temps d'attente pour le receveur.

Lexique

Agitation thermique : Mouvement aléatoire des molécules sous l'effet de la chaleur.

Aldosérone : Hormone sécrétée par les glandes surrénales régulant, entre-autre, la réabsorption de sodium et la sécrétion du potassium au niveau urinaire.

Amide : Fonction chimique contenant, entre autres, de l'oxygène et de l'azote.

Branchie : Organe respiratoire des poissons. Elle absorbe l'oxygène dissous dans l'eau et rejette le gaz carbonique.

Capsule de Bowman : Cavité membraneuse qui entoure le glomérule et recueille l'urine primitive.

Cathéter : Sonde creuse que l'on introduit dans un canal naturel.

Cellulose : Polymère de glucose, constituant principal de la paroi des cellules végétales.

Convection : Mouvement d'un fluide sous l'effet d'une différence de pression.

Cortex rénal : Partie périphérique du rein.

Cytoplasme : Substance interne de la cellule.

Débit : Volume de fluide traversant une surface par unité de temps.

Dialyse rénale : Technique d'épuration du sang nécessaire lors d'une insuffisance rénale.

Diffusion : Flux de particules d'un milieu de concentration plus élevée vers un milieu de concentration plus faible.

Electrolyte : Substance ou composé qui, à l'état liquide ou en solution, permet le passage du courant électrique par déplacement d'ions.

Eléments figurés du sang : Globules rouges, globules blancs et plaquettes.

Endothélium : Epithélium formé de cellules aplaties disposées en une seule couche.

Equilibre acido-basique : Equilibre relatif à l'acidité.

Equilibre hydro-électrique : Equilibre relatif à la quantité d'eau et à la concentration de certains ions (ions sodium, potassium, calcium...).

Fistule : Conduit anormal faisant communiquer une cavité ou un organe avec un autre ou avec l'extérieur de l'organisme.

Glande surrénale : Glande triangulaire située au-dessus des reins dans le rétro-péritoine.

Glomérule : Petit amas de capillaires du rein assurant la formation de l'urine primitive.

Gradient de concentration : Différence de concentration en fonction de la distance.

Gradient de pression : Différence de pression en fonction de la distance.

Gradient osmotique : Différence de concentration qui provoque l'osmose.

Hémodialyse : Méthode d'épuration du sang par la création d'un circuit de circulation extracorporelle et son passage dans un dialyseur.

Homéostasie : Maintien de l'ensemble des paramètres physico-chimiques de l'organisme constant (glycémie, température, taux de sucre dans le sang,...).

Hormone antidiurétique : Hormone libérée par le lobe postérieur de l'hypophyse. Elle provoque une réabsorption d'eau lors d'une déshydratation corporelle.

Hypertonique : Caractère d'une solution dont la concentration en solutés est supérieure à une autre.

Hypotonique : Caractère d'une solution dont la concentration en solutés est inférieure à une autre.

Immunosuppresseurs : Médicaments utilisés pour inhiber ou prévenir l'activité du système immunitaire.

Insuffisance rénale : Incapacité des reins à éliminer correctement les déchets ou les substances médicamenteuses.

Ionocyte : Type de cellule des branchies des poissons jouant un rôle dans la régulation des concentrations salines internes par rapport à l'environnement extérieur.

Isotonique : Caractère de deux solutions dont les concentrations en solutés sont égales.

Liquide de dialyse : Liquide de composition isotonique au sang, permettant son « épuration » artificielle.

Médullaire rénale : Partie profonde du tissu rénal constituée, entre autres, des pyramides de Malpighi.

Membrane organique : Membrane à base de polymères organiques.

Membrane plasmique : Enveloppe extérieure de la cellule contrôlant les échanges de celle-ci avec son environnement.

Métabolisme : Ensemble de tous les processus chimiques qui se déroulent au sein d'une cellule ou d'un organisme vivant.

Module : Dans le dispositif de filtration, support contenant la membrane et résistant à la pression appliquée.

Mole : Quantité de matière composée d'autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12,00 g de carbone 12.

Mort cérébrale : Absence totale et définitive d'activité cérébrale chez un patient.

N.A.S.A : *National Aeronautics and Space Administration*, en français « Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace ».

Néphron : Unité structurelle et fonctionnelle du rein qui permet la formation de l'urine.

Osmolarité : Concentration totale en particules dissoutes dans un volume donné de solution. Elle s'exprime en moles de particules par litre de solution.

Osmole : Mole de particules en solution.

Osmorégulation : Processus servant au maintien de l'équilibre hydrique et ionique.

Opercule : Plaque osseuse qui ferme les ouïes.

Ouïe : Fente de rejet de l'eau des poissons située sous le rebord postérieur des opercules.

Organe double : Organes présentant une symétrie bilatérale.

Paroi cellulaire : Assise rigide externe des cellules des plantes, des champignons et des bactéries. Elle entoure la membrane plasmique.

Péritoine : Membrane qui recouvre les parois internes de l'abdomen.

Perméable : Qui laisse passer le soluté et/ou le solvant dans les deux sens.

Perméabilité : Aptitude d'une membrane à se laisser traverser par le solvant et/ou le soluté.

Perméat : Phase traversant la membrane lors de la filtration, appelé aussi filtrat.

Plasmolyse : Phénomène caractérisé par une perte d'eau par des cellules placées en milieu hypertonique.

Polyamide : Polymère dont les unités de répétition sont liées *via* une fonction amide.

Polymère : Molécule de haut poids moléculaire formée par l'enchaînement d'un très grand nombre d'unités de répétition.

Polysulfone : Polymère dont les unités de répétition sont liées *via* une fonction sulfone.

Pompe biologique : Complexe de protéines de la membrane cellulaire qui assure le transport de certaines substances contre un gradient de concentration.

Porosité : Ensemble des interstices d'un matériau susceptible de contenir des fluides.

Pression : Force par unité de surface.

Pression hydrostatique : Pression due au poids d'une colonne de fluide au repos.

Propriété colligative : Propriété qui ne dépend que de la quantité de matière.

Protéine : Molécule de haut poids moléculaire qui entre dans la constitution des êtres vivants.

Pyramide de Malpighi : Eléments coniques situés dans la partie médullaire du rein.

Réseau mésentérique : Repli du péritoine reliant les anses de l'intestin grêle à la paroi postérieure de l'abdomen.

Rétentat : Phase retenue par la membrane lors de la filtration, appelé aussi concentrat.

Rétro-péritoine : Situé entre le péritoine et la paroi postérieure de l'abdomen.

Sélectivité : Caractéristique d'une membrane à laisser passer certaines substances mais pas d'autres.

Semi-perméable : Qui sélectionne ce qui passe d'après des critères de taille et de forme.

Solubilisation : Fait d'être rendu soluble.

Soluble : Composé qui peut être dissous.

Soluté : Corps dissous.

Solution physiologique : Solution de chlorure de sodium d'une concentration de 9 grammes par litre.

Solvant : Substance capable de dissoudre quelque chose.

Stabilité : Capacité de la membrane à ne pas se détériorer.

Sulfone : Fonction chimique contenant du soufre et de l'oxygène.

Transporteur actif : Protéine assurant le pompage d'ions ou de molécules à travers une membrane cellulaire d'une région peu concentrée vers une région plus concentrée en utilisant de l'énergie.

Tubule : Tube sinueux qui fait suite au glomérule dans le néphron.

Turgescence : Phénomène caractérisé par un gain d'eau par des cellules placées en milieu hypotonique.

Urée : Produit de dégradation des acides aminés.

Uretère : Canal allant du rein à la vessie.

Vacuole : Sac délimité par une membrane présent dans le cytoplasme des cellules végétales et servant entre autres au stockage de l'eau.

Références

Ouvrages

- Les 5 fonctions vitales du corps humain, Anatomie-physiopathologie, Christèle Manuelle, Editions Lamarre, 2008.
- Chimie (générale et organique) : Démonstrations, Séminaires et Travaux pratiques, Danielle Baeyens - Volant, ULB.
- Physiologie humaine : A human Perspective, Lauralée Sherwood, De Boeck Supérieur, 2006.
- Biologie et physiologie animales, Rüdiger Wehner, Walter Gehring, De Boeck Université, 1999.
- Biologie, Peter Raven, George Johnson, Jonathan Losos, Susan Singer, De Boeck, 2007.
- Le petit Larousse, 2006.

Revue

- Le don d'organes, Luc De pauw, Isabelle Sénépart, Beldonor.be, Service public fédéral, 2012.

Sites internet

<http://www.botanic06.com/site/EvolVie/physio/homeo3.htm> consulté le 3/03/2013

<http://www.erasme.ulb.ac.be/> consulté le 28/01/2013

<http://e-sante.futura-sciences.com/forum/eau-douce-revanche-eau-de-mer.html> consulté le 21/02/2013

<http://tpe-rein-et-dialyse.e-monsite.com/pages/annexe/lexique.html> consulté le 28/01/2013

http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/m%C3%A9dullaire_r%C3%A9nale/14458 consulté le 21/02/2013

<http://littre.reverso.net/dictionnaire-francais/definition/cortex%20r%C3%A9nal> consulté le 21/02/2013

<http://www.peritoine.net/> consulté le 21/02/2013

<http://video.vulgaris-medical.com/index.php/2007/05/20/27-le-rein-et-la-formation-de-l-urine> consulté le 28/01/2013

<http://fr.wikipedia.org> consulté le 21/02/2013

<http://www.zeitoun.net/articles/osmose/start> consulté le 3/03/2013

www.hydranet.fr consulté le 21/02/2013

<http://www.synomia.fr> consulté le 28/02/2013

<http://www.aveniere.com>; consulté le 21/02/2013

<http://www.gunt.de> consulté le 28/02/2013

<http://www.fndae.fr> consulté le 21/02/2013

<http://eduscol.education.fr> consulté le 21/02/2013

www.edu.upmc.fr/sdv/docs_sdvbmc/Licence/biol/BFOAGF8.pdf consulté le 4/03/2013

Jouons un peu...

1. Charades

1

Mon premier est un légume vert.
 Mon second parvient à l'oreille.
 Mon tout est un vertébré aquatique.
Qui suis-je ?

2

Mon premier est le contraire d'impair.
 Mon deuxième est un plat préparé.
 Mon troisième est un synonyme d'adresse.
 Mon tout est une propriété des membranes.
Qui suis-je ?

2. Sudokosmose

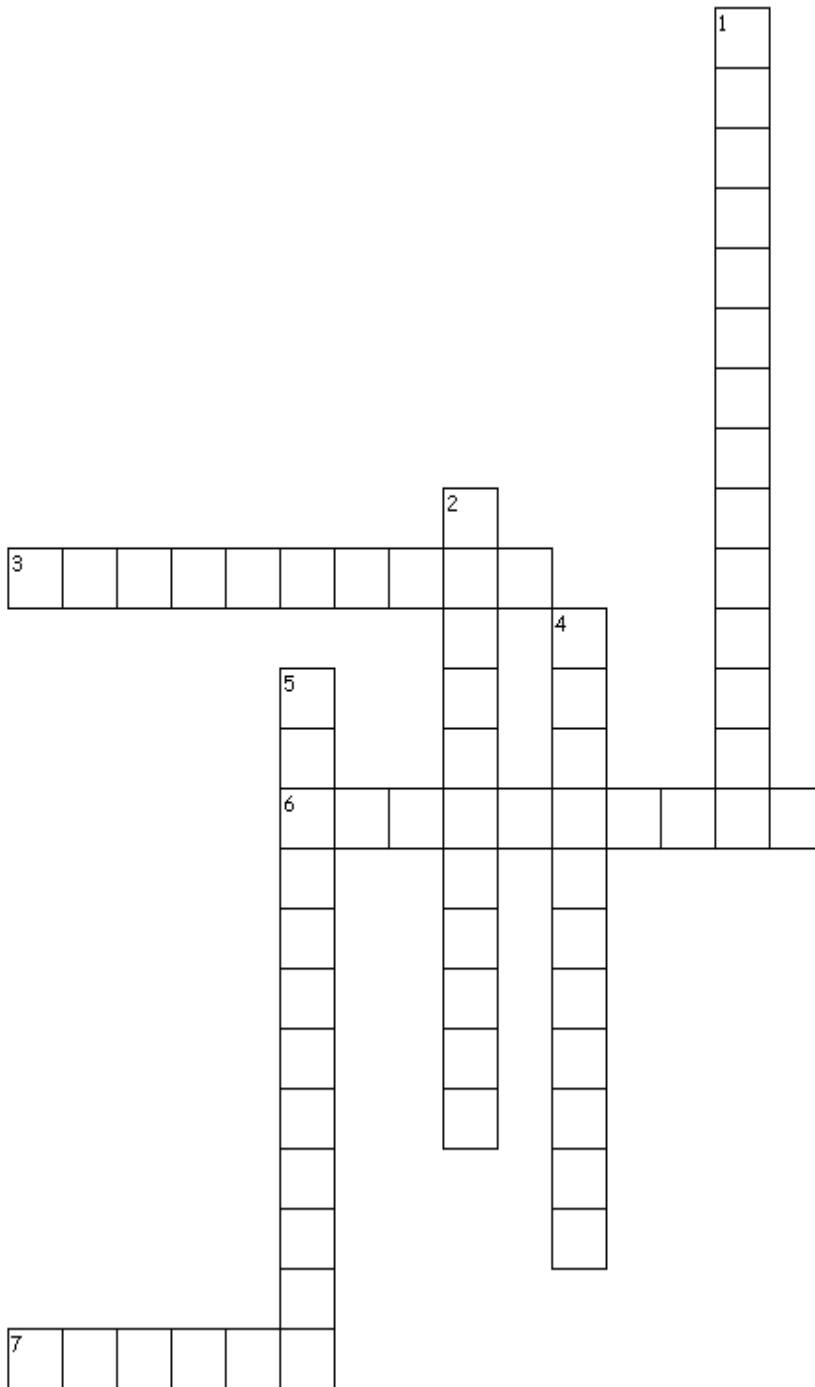
En partant des chiffres déjà inscrits, remplissez la grille de façon à ce que les chiffres de 1 à 9 soient uniques dans chaque ligne, chaque colonne, chaque carré.

	α	3	α		4			8
		5		6	γ	α	ε	1
4	2				7			θ
	α				γ	4		
8	ε	ω		γ	5	θ		3
5			3		6	9		7
ω		6	1			3		
9	8			ε	α	7	α	α
1		γ			θ	ω	6	

Si A = 1, B = 2, C = 3, ... trouvez le mot caché en faisant la somme des chiffres présents dans les cases contenant le même signe :

α
θ
ε
γ
ω
α

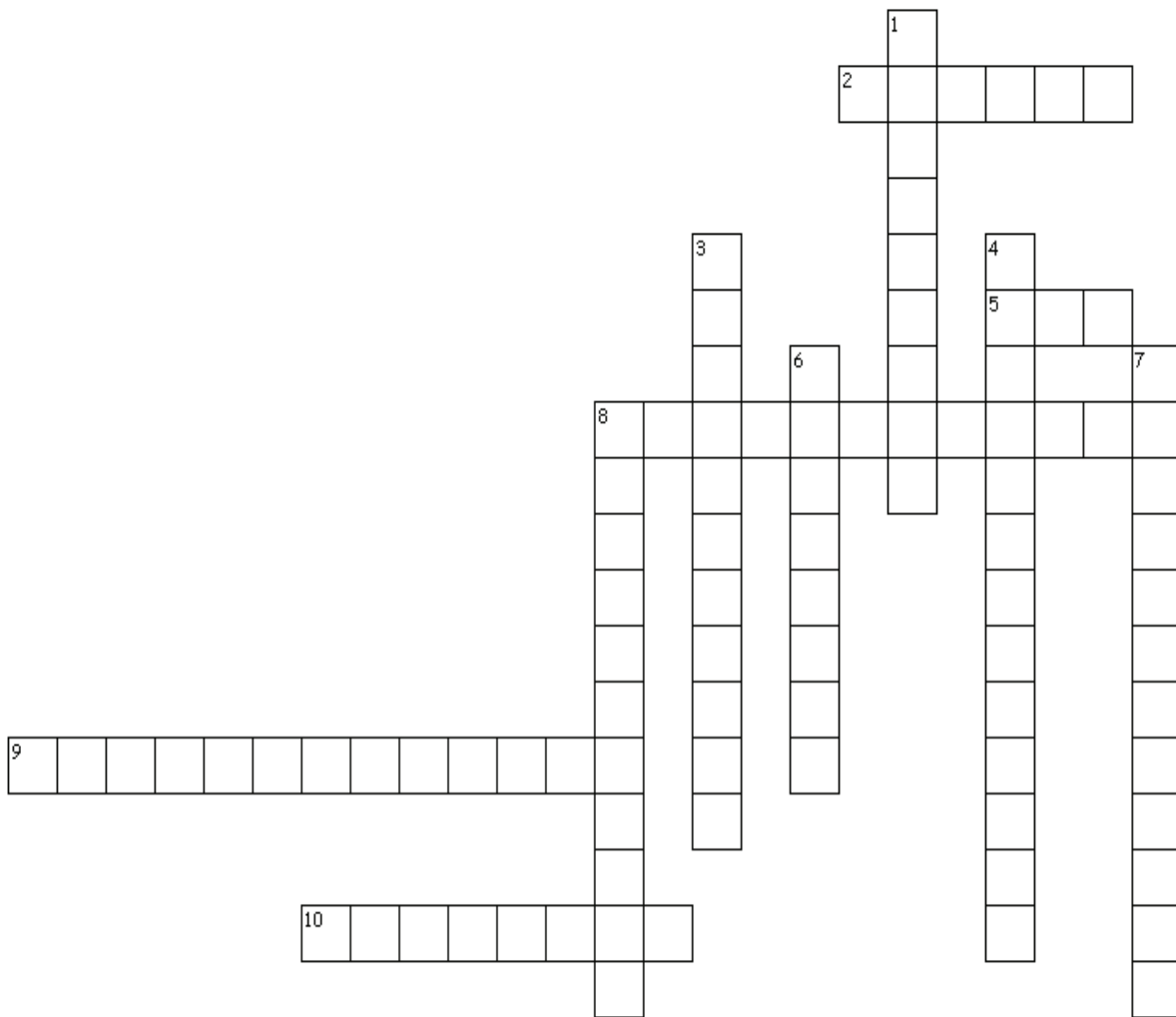
3. Mots croisés n°1



Le phénomène d'___ (7) peut se traduire par un flux d'eau dirigé d'une solution diluée dite ___ (4) vers une solution concentrée dite ___ (5) à travers une membrane semi-perméable. Lorsqu'une solution a la même pression osmotique que les liquides de l'organisme, elle est dite ___ (3).

La ___ (6) est un phénomène au cours duquel l'eau sort de la cellule. Lorsqu'une cellule animale est plongée dans de l'eau distillée, l'eau aura tendance à rentrer. Cette cellule est dite ___ (2). On sait donc que l'eau pénètre dans le compartiment le plus concentré en soluté dans le but d'équilibrer les ___ (1).

4. Mots croisés n°2



Verticalement

1. Transfert de solutés au travers d'une membrane sous l'effet d'une force motrice.
3. Mesurable avec un thermomètre.
4. Caractéristique d'une membrane laissant passer le solvant et pas le soluté.
6. Mesurable avec un baromètre.
7. Propriété permettant le passage au travers d'une membrane.
8. Milieu biologique dont la concentration est inférieure à 9 g de NaCl par litre.

Horizontalement

2. Ordre de grandeur d'une bactérie.
5. Solvant biologique universel.
8. Milieu biologique dont la concentration est supérieure à 9 g de NaCl par litre.
9. Quantité de matière par unité de volume.
10. Appareil qui purifie l'eau selon le principe de l'osmose inverse.

5. Osmocaché

Trouvez les mots suivants. Ces derniers peuvent se trouver en diagonale, horizontalement ou à l'envers. Une lettre peut être utilisée plusieurs fois.

Brownien ; Concentration ; Cortex ; Débit ; Dialyse ; Diffusion ; Don ; Eau ; Equilibre ; Foie ; Hypertonique ; Hypotonique ; Isotonique ; Loi ; Membrane ; Milieux ; Osmose ; Perméable ; Pression ; Proportionnelle ; Rein ; Sang ; Sens ; Solution ; Solvant ; Urine ; Vie.

E	C	O	N	C	E	N	T	R	A	T	I	O	N	P
A	E	U	Q	I	N	O	T	O	P	Y	H	S	R	A
U	U	V	M	E	E	U	Q	I	N	O	T	O	S	I
H	D	E	I	N	O	I	S	S	E	R	P	R	U	N
Y	I	L	L	E	V	N	I	E	E	O	D	O	N	N
P	F	B	I	N	E	N	I	E	R	S	F	A	I	E
E	F	A	E	S	S	E	A	T	N	M	T	E	E	I
R	U	E	U	N	I	U	I	N	D	O	O	N	R	N
T	S	M	X	O	O	O	G	N	A	S	T	A	B	W
O	I	R	F	N	N	I	L	O	I	E	N	R	I	O
N	O	E	D	N	U	O	T	R	G	A	A	B	L	R
I	N	P	E	R	V	I	E	U	N	E	V	M	I	B
Q	S	L	I	D	E	B	I	T	L	C	L	E	U	E
U	L	N	C	O	R	T	E	X	S	O	O	M	Q	T
E	E	S	Y	L	A	I	D	S	U	P	S	E	E	R

Avec les lettres non choisies, complétez la phrase mystère :

_____, _____, _____ !

6. Rébus

1



2



3



4



Solutions

1. Charades

1 Poisson 2 Perméabilité

2. Sudokosmose

6	1	3	2	9	4	5	7	8
7	9	5	8	6	3	2	4	1
4	2	8	5	1	7	6	3	9
3	7	2	9	8	1	4	5	6
8	6	9	7	4	5	1	2	3
5	4	1	3	2	6	9	8	7
2	5	6	1	7	8	3	9	4
9	8	4	6	3	2	7	1	5
1	3	7	4	5	9	8	6	2

-o- -s -m- -o- -s -e-
 3 3 3 3 3 3 3 3 3
 3 3 3 3 3 3 3 3 3

3. Mots croisés n°1

(1) Concentrations, (2) Turgescence, (3) Isotonique, (4) Hypotonique, (5) Hypertonique, (6) Plasmolyse, (7) Osmose.

4. Mots croisés n°2

Verticalement: (1) Diffusion, (3) Température, (4) Semipermeable, (6) Pression, (7) Perméabilité, (8) Hypotonique.

Horizontalement: (2) Micron, (5) Eau, (8) Hypertonique, (9) Concentration, (10) Osmoseur.

5. Osmocaché

E	C	O	N	C	E	N	T	R	A	T	I	O	N	P	
A	E	U	Q	I	N	O	T	O	S	I					
U	U	V	M	E	E	U	O	I	N	O	T	O	S	I	
H	D	E	I	N	O	I	S	S	E	R	F	R	U	N	
Y	I	L	L	E	V	N	I	E	E	O	D	O	N	N	
P	F	R	I	N	E	N	I	E	R	S	F	A	I	E	
E	F	A	E	S	S	E	A	T	N	M	T	E	E	I	
R	U	E	U	N	I	U	I	N	D	O	O	N	R	N	
T	S	M	X	O	O	G	N	A	S	T	A	B	W		
O	I	R	F	E	N	N	I	L	O	I	E	N	R	I	O
N	O	E	D	N	U	O	T	R	G	A	V	A	B	L	R
I	N	P	E	R	V	I	E	U	N	E	V	M	I	B	
O	S	T	I	D	E	B	I	T	L	C	L	E	U	E	
U	L	T	N	C	O	R	T	E	X	S	O	O	M	O	T
E	E	S	Y	L	A	I	D	S	U	P	S	E	E	R	

Phrase mystère :

Sauver une vie en faisant un don d'organes, c'est super !

6. Rébus

1 Néphron 2 Don d'organe
 3 Osmose 4 Turgescence

Composition et réalisation

Les étudiants de première année en biologie médicale

encadrés par les tuteurs :

Nathalie Defacqz

Brigitte Dutrieue

Naouël Mostefai

Christophe Panier

Remerciements

Les tuteurs tiennent à remercier particulièrement Marc Leplat pour son aide précieuse à la conception et à la réalisation des expériences ainsi que Françoise Gomez pour sa relecture attentive.