

Auteurs : Didier Pol(plus d'infos)
Jean-paul Dubacq(plus d'infos)

Un principe très général des systèmes naturels est leur tendance à réduire leurs « inégalités » lorsqu'on les laisse libre d'évoluer. Un bloc chaud plongé dans de l'eau froide abaissera sa température jusqu'à ce que les deux corps soient à la même température. De l'eau salée en contact avec de l'eau douce abaissera sa salinité jusqu'à ce que l'eau ait la même concentration en sel dans tout le volume. Une situation du même type, mais plus délicate à analyser, se rencontre lorsqu'une membrane sépare deux solutions aqueuses. Considérons une substance en solution qui ne peut pas passer à travers la membrane alors que l'eau, elle, circule librement d'un compartiment à l'autre. On constate qu'il apparaît alors un courant d'eau dirigé vers le compartiment contenant la substance en question, et il résulte de ce courant d'eau une différence volumique du liquide entre les deux récipients. Ce phénomène dit « d'osmose » rend compte de la façon dont le déséquilibre créé de part et d'autre de la membrane par une substance dissoute peut se réduire. Il se rencontre de façon très générale en sciences de la nature et de la vie et intervient dans des procédés industriels relevant de la physico-chimie.

Copyright : Creative Commons France. Certains droits réservés.



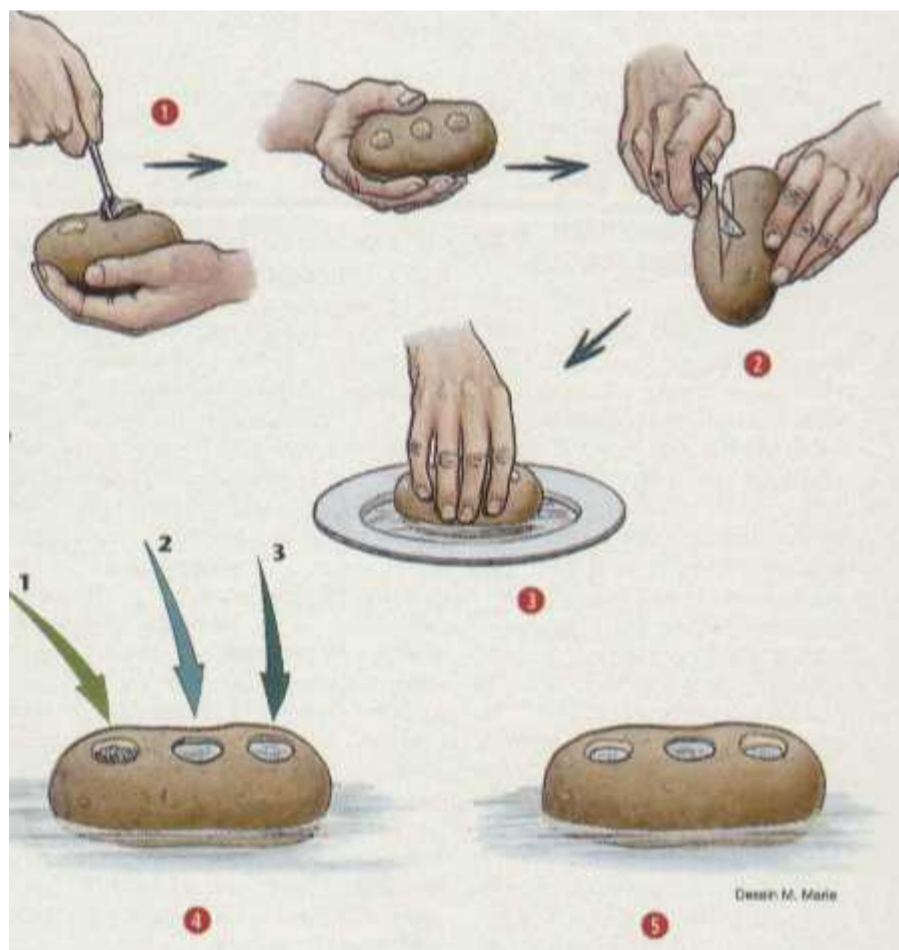
L'osmose

De quoi s'agit-il ?

Tous les êtres vivants sont constitués de cellules. Les plus petits organismes comme les bactéries sont formés d'une seule cellule, les plus grands sont formés d'un grand nombre de ces unités (plusieurs dizaines de milliards chez l'Homme par exemple). Mais quel que soit le nombre de cellules constituant un animal ou un végétal, chacune d'entre elles est un système qui procède à des échanges avec son environnement immédiat. Les substances susceptibles d'être échangées sont très variées. Toutefois, toutes les cellules échangent au minimum de l'eau et des sels minéraux avec leur milieu. En effet, le fonctionnement de chaque cellule nécessite que son contenu en eau et en sels soit maintenu sensiblement stable autour d'une valeur moyenne optimale. Les cellules sont limitées par une mince pellicule, la membrane plasmique, à travers laquelle se réalisent les échanges : il s'agit d'une véritable frontière, mais qui, comme toute bonne frontière permet des passages libres pour certains individus et moins pour des individus plus encombrants et en excès d'un côté de la frontière. L'osmose se rencontre également ailleurs que dans le monde des cellules.

Pour l'illustrer, commençons par une simple observation comparative sur une pomme de terre.

Que peut-on observer ?



Matériel nécessaire

Une grosse pomme de terre (ou trois petites), un récipient d'une taille suffisante pour la (les) recevoir, de l'eau déminéralisée, du gros sel, une solution d'eau physiologique (sel de cuisine à 9 g/L), un instrument de cuisine destiné à découper les melons en boules.

Comment procéder ?

Creuser dans la pomme de terre 3 puits de volume sensiblement égal à l'aide de l'ustensile de cuisine. Couper le côté opposé de façon à réaliser une surface plane dépourvue de peau. Mettre 1 ou 2 cm d'eau au fond du récipient et y poser la pomme de terre préparée. Verser du gros sel au fond du premier puit, la solution de chlorure de sodium à 9 g/L dans le second jusqu'au bord et de l'eau déminéralisée dans le troisième à ras bord également. Laisser reposer une heure.



Qu'observe-t-on ?

Dans le premier puits, où se trouvait le sel, on voit maintenant de l'eau et le sel s'y dissout devenant invisible. Dans le second puits, le niveau du sérum physiologique n'a pas varié. Dans le troisième qui contenait de l'eau pure, le niveau a baissé.

Que s'est-il passé ?

Les cellules de la pomme de terre contiennent une solution dont la concentration est proche de celle de l'eau physiologique. Lorsqu'elles sont mises en présence de sel sur leur surface, un milieu beaucoup plus concentré qu'elles et dépourvu d'eau, elles perdent leur eau qui va aller remplir le premier puit et diluer le sel. Dans le deuxième puit, il n'y a pas de mouvement net d'eau car les concentrations sont équivalentes dans les cellules et dans l'eau légèrement salée remplissant le puit : le niveau ne varie guère. Dans le troisième puit, il n'y a pas de sel donc dans ce cas ce sont les cellules qui ont un contenu plus concentré que le milieu remplissant le puit. En conséquence l'eau pure va envahir les cellules : le niveau baisse dans le puit. Dans chaque cas, les lois de la diffusion imposent les mouvements d'eau et de sels aux cellules de la pomme de terre. Elles perdent ou gagnent plus ou moins d'eau en fonction de la concentration du milieu extérieur.

Note. On peut trouver d'autres exemples dans le monde vivant de cette osmose. On place du gros sel sur les tranches d'aubergine avant cuisson pour leur faire « rendre » leur eau. On peut faire dégonfler des grains de raisin placés dans une eau très salée (ou très très sucrée)...

Avec la viande cela marche aussi, mais dans les cellules animales le pourcentage de l'espace occupé par le cytosol (solution hydrique des constituants cellulaires sucres protéines, etc.) est plus faible que dans les cellules végétales. Ces dernières ont un compartiment interne bordé d'une membrane (comme la cellule) qui constitue 80% du volume cellulaire et qui est plein d'eau avec des sels minéraux, des sucres, des acides aminés etc. En fait dans la turgescence et la plasmolyse, c'est ce compartiment qui modifie son volume et c'est entre ce compartiment (la vacuole) et le milieu extérieur que se font les échanges d'eau.

Le gonflement et dégonflement des cellules a une influence directe sur les propriétés de la matière vivante. Si une cellule baigne dans un milieu moins concentré en sels qu'elle (on dit qu'il est hypotonique), elle acceptera de l'eau. La cellule se gonfle alors et ses parois se distendent, ce qui donne de la rigidité à la cellule tout en permettant à la cellule de s'alimenter en eau. On parle de turgescence. Ce mécanisme est responsable en particulier de la rigidité des tiges d'une plante ou de la racine qui doit pénétrer un sol. Dans le cas contraire, les cellules se dégonflent et la plante « se flétrit ».

On peut poursuivre cette expérience en observant des cellules sous microscope (lamelle d'oignon ?) ou bien sûr surtout l'oignon rouge pour mieux voir la vacuole ou des cellules des épidermes de pétales colorés de fleurs comme l'anémone.

Que peut-on mesurer ?

Une seconde expérience quantitative va nous permettre de mesurer la pression osmotique entre deux récipients séparés par une feuille de cellophane et qui contiennent l'un de l'eau pure (A) et l'autre (B) de l'eau contenant une substance dissoute qui ne passe pas à travers la membrane (sulfate de cuivre, glucose). L'eau circule entre les deux récipients mais un excès d'eau va dans le récipient contenant la substance en solution de façon à réduire sa concentration. Lorsque les deux milieux atteignent la même concentration, il n'y a plus de mouvement apparent car autant de molécules passent dans chaque sens à chaque instant. Le niveau d'eau dans ce second récipient est plus élevé que dans le premier. Il y a donc une surpression au niveau de la membrane qu'on appelle la pression osmotique.

Cette opération est appelée osmose directe. Dans l'osmose inverse, on cherche à purifier de l'eau. Pour cela, on applique une pression dans le récipient B de façon à faire passer de l'eau pure vers A en maintenant en B les substances dissoutes qui ne passent pas à travers la membrane. L'osmose inverse est utilisée pour la purification de l'eau.

Pour être plus précis, il faut partir d'une membrane hémiperméable absolue (qui ne laisse passer que l'eau). L'eau entre dans le compartiment hypertonique sous l'effet d'une force appelée succion qui est la différence entre la force d'attraction de l'eau (appelée pression osmotique provoquée par la concentration des solutés dans le compartiment tubulaire) et la différence de niveau de la solution entre les deux compartiments. Quand le niveau s'arrête de monter dans le tube c'est que la pression hydrostatique équilibre la pression osmotique et la succion est nulle.

Si la membrane est hémiperméable (donc le soluté passe) et c'est plus compliqué, il faut considérer deux forces de succions opposées.

En bref le niveau après avoir atteint un maximum va redescendre jusqu'à l'équilibre hydrostatique et alors les concentrations des deux compartiments sont égales, la pression hydrostatique est nulle.

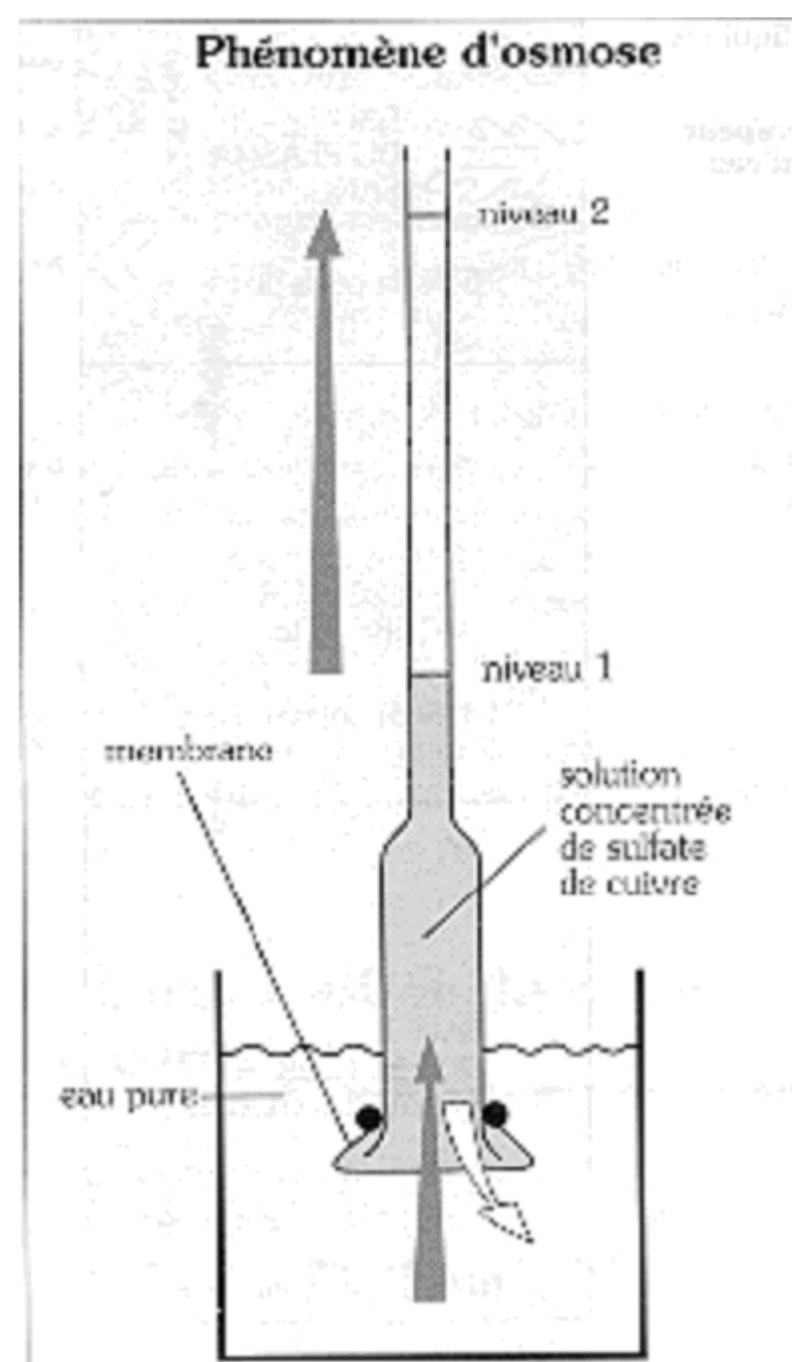
• Expérience :

- un récipient contenant de l'eau pure ;

- un tube creux fermé à l'une de ses extrémités par une membrane. Cette membrane est sensée représenter la membrane cellulaire et avoir ses caractéristiques. Ce tube est rempli jusqu'à un certain niveau (niveau 1 sur le schéma) d'une solution très concentrée de sulfate de cuivre ;

- on plonge la partie du tube avec la membrane dans le récipient d'eau.

On constate alors, au bout de quelques temps, que le niveau de la solution dans le tube est monté de plusieurs centimètres (niveau 2 sur le schéma).



• Que s'est-il passé ?

- L'eau pure a traversé la membrane qui la séparait de la solution : c'est le phénomène d'osmose. Il se surajoute un phénomène de diffusion ou dialyse du sulfate de cuivre (flèche blanche sur le schéma).

Tout se passe comme si l'eau était attirée vers la solution concentrée. Cette ascension de l'eau dans le tube permet de saisir en action la force qui fait passer l'eau à travers la membrane.

Cette force est appelée la pression osmotique de la solution.

Autrement dit, si de part et d'autre de la membrane on place deux solutions de concentrations différentes, l'eau traverse la membrane en allant de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée.

- La solution la plus concentrée est dite **hypertonique** par rapport à la solution la moins concentrée qui, elle, est **hypotonique**. Les solutions de même concentration ont la même pression osmotique : elles sont **isotoniques**.

- Cette expérience peut être refaite en utilisant d'autres solutions qu'une solution de sulfate de cuivre.

Application Les "cheveux" ou "poils absorbants" situés aux extrémités des racines sont constituées de cellules allongées riches en sel. La racine plonge dans le sol humide dont l'eau est moins salée. L'eau rentre dans la racine et, de proche en proche, monte dans la tige. Ce mécanisme de succion par la racine est au départ de l'ascension capillaire de sève.

Source URL: <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/16834/losmose>