Sciences de la Vie et de la Terre 1 Bac

Mécanismes d’absorption de l’eau et des sels minéraux chez les plantes
Cours (Partie 2)

Professeur : Mr BAHSINA Najib

Sommaire

IV- Explication physique des échanges d’eau chez les cellules

4-1/ Mise en évidence du phénomène d’osmose

4-2/ Mesure de la pression osmotique

V- Mise en évidence des échanges de solutés au niveau de la cellule végétale

5-1/ Mise en évidence du phénomène de la diffusion

5-2/ Mise en évidence de la diffusion orientée

5-3/ Mise en évidence de la diffusion facilitée

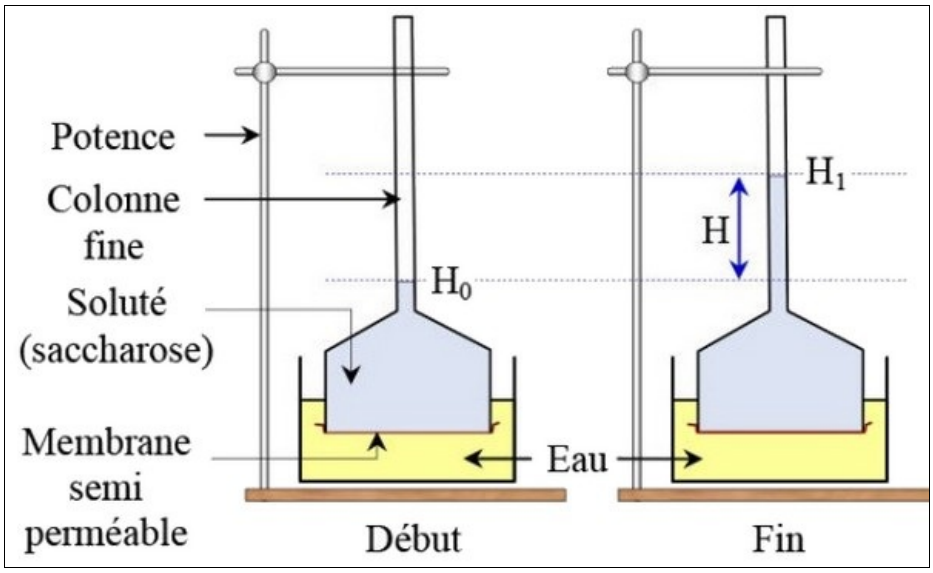
5-4/ Mise en évidence du transport actif

IV- Explication physique des échanges d’eau chez les cellules

4-1/ Mise en évidence du phénomène d’osmose

Expérience de Dutrochet

Pour expliquer la variation de la vacuole sous l’effet de la concentration du milieu extérieur, Dutrochet a proposé en 1827 un modèle explicatif des mouvements d’eau à travers une membrane semi-perméable, c’est l’osmomètre de Dutrochet.



Cet osmomètre est constitué d’un réservoir de verre dont la partie supérieur est reliée à un long tube vertical et sa base est obturée par une membrane semi-perméable (Vessie de porc ou de mouton).

On remplit le réservoir d’une solution du saccharose et on le plonge dans un cristallisoir contenant de l’eau pure.

Analyse des résultats

Au début de l’expérience les liquides sont au même niveau dans le cristallisoir et dans le tube de l’entonnoir,

On constate après quelques minutes une montée du niveau du liquide dans le tube de l’entonnoir.

Le niveau de la solution de saccharose s’est élevé ,

L’eau est passée du milieu le moins concentré (eau pure) au milieu le plus concentré (solution du saccharose).

IV- Explication physique des échanges d’eau chez les cellules

Conclusions

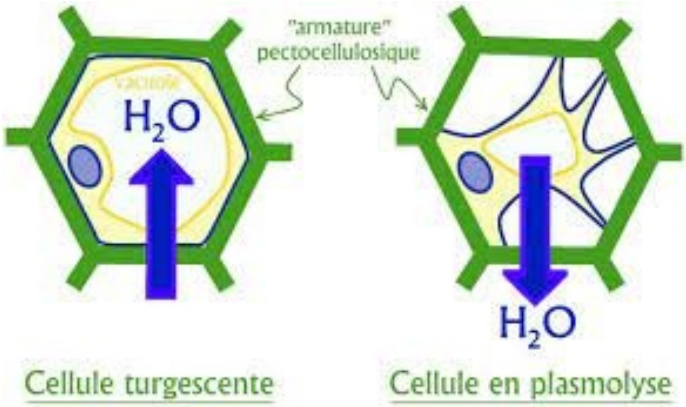
Les molécules d’eau passent à travers une membrane semi perméable, lorsque deux solutions de concentrations différentes sont placées de part et d'autre de cette membrane, on parle du phénomène d’osmose.

Le passage de l’eau à travers la membrane semi-perméable, indique l’existence d’une pression exercée par la solution du saccharose, elle est appelée pression osmotique.

Sous l'effet de la pression osmotique, les molécules d'eau vont de la solution la moins concentrée (milieu hypotonique) vers la solution la plus concentrée (milieu hypertonique) jusqu’à l’équilibre (isotonie).

Quand la cellule est placée dans une solution de saccharose à 50g/l, elle se trouve dans une solution hypotonique par rapport au suc vacuolaire qui est lui hypertonique.

Il y a donc passage d'eau par osmose dans la vacuole : la cellule est turgescente.



Lorsqu' on remplace l'eau du milieu de montage par la solution concentrée de saccharose (200g/l),

le mouvement d'eau par osmose s'inverse, la vacuole perd son eau, la membrane cytoplasmique se décolle de la membrane squelettique: la cellule est plasmolysée.

IV- Explication physique des échanges d'eau chez les cellules

4-2/ Mesure de la pression osmotique

La pression osmotique c'est la force qui détermine le phénomène d'osmose

On peut calculer la pression osmotique en utilisant la formule suivante :

- π = Pression osmotique en Pa (Pascal) (atm).
- R = Constante des gaz parfaits = 0.082
- T = Température absolue en °K (Kelvin) (°K =°C + 273).
- C = Concentration molaire en mol/l (= Concentration massique/masse molaire).
- n = Nombre de ions issues de la dissolution du soluté utilisé.

Ainsi d'après la formule, on remarque que la pression osmotique est proportionnelle à la température et à la concentration molaire de la solution.

Si on considère π_i la pression osmotique interne du suc vacuolaire, et π_e la pression osmotique du milieu externe on a:

- $\pi_i > \pi_e$: l'eau passera du milieu extérieur au milieu intérieur à travers la membrane cytoplasmique, et la cellule sera turgescente.
- $\pi_i < \pi_e$: l'eau passera du milieu intérieur au milieu extérieur à travers la membrane cytoplasmique, et la cellule sera plasmolysée.
- $\pi_i = \pi_e$: milieu isotonique, aucun mouvement d'eau, cellule à l'état normal.

Application

On fait dissoudre 700 mg de glucose $(C_6H_{12}O_6)$ dans 25 ml d'eau à une température de 20°C. Sachant que les masses molaires des éléments :

M(O) = 16g/mol ; M(C) = 12g/mol ; M(H) = 1g/mol :

1. Calculer la concentration massique et la concentration molaire.
2. Calculer la pression osmotique de la solution.

La masse molaire du chlorure de sodium $NaCl$ étant 58, si la concentration d'une solution de $NaCl$ est de 4.5 g/l, et si la température du milieu est de 18°C :

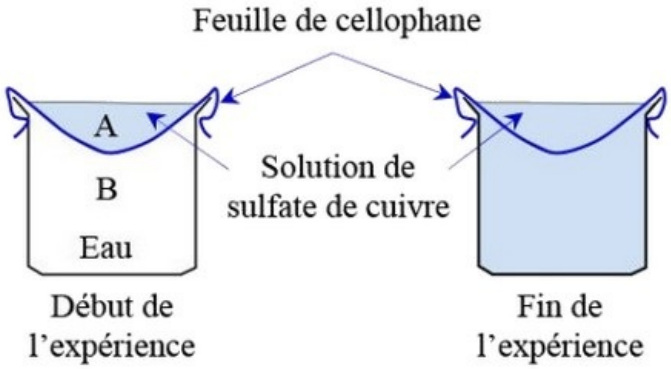
3. Calculer la concentration molaire de la solution et sa pression osmotique.

V- Mise en évidence des échanges de solutés au niveau de la cellule végétale

5-1/ Mise en évidence du phénomène de la diffusion

Expérience 1

On prépare le montage expérimental représenté dans le schéma suivant :



Le papier cellophane est perméable à l'eau et au sulfate de cuivre.

Dans la partie B on a de l'eau distillée; dans la partie A on met une solution de sulfate de cuivre.

Après un temps donné, la coloration bleue diffuse de A vers B ; et la concentration du sulfate de cuivre devient la même dans A et B.

Exploitation des résultats

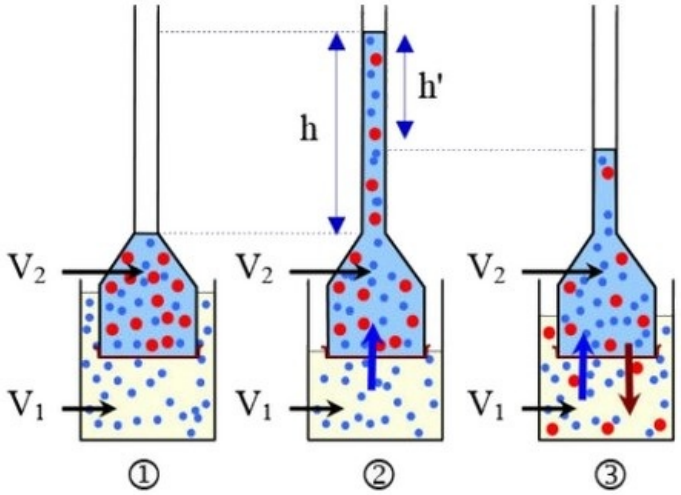
Entre le début et la fin de l'expérience, les molécules de sulfate de cuivre ont diffusé du compartiment «A» vers le compartiment «B».

L'équilibre est atteint lorsque les concentrations du sulfate de cuivre dans les deux compartiments sont égales.

A l'état d'équilibre la diffusion nette des molécules en solution entre les deux compartiments est nulle.

Expérience 2

On utilise un osmomètre connue indiqué sur les trois schémas suivants :



1 : Au début de l’expérience, le milieu V_1 contient de l’eau distillée , le milieu V_2 une solution de saccharose. Les deux milieux sont séparés par une membrane perméable aussi bien à l’eau et au saccharose.

2 : Après un temps donné t_1, le niveau du liquide V_2 monte dans le tube fin d’une hauteur h.

3 : Après une autre période t_2, le niveau du liquide V_2 redescend d’une hauteur h’.

Exploitation des résultats

Après le temps t_1, les molécules d'eau ont traversé la membrane du compartiment V_1 vers le compartiment V_2, et ceci sous l'effet de la pression osmotique. Ce qui se traduit par la montée du niveau du liquide dans le tube d’une hauteur h.

Après le temps t_2, le niveau d’eau descend dans le tube d’une hauteur h’. Ceci est due au fait que les molécules de saccharose ont traversé la membrane du compartiment V_2 vers le compartiment V_1. C’est la diffusion qui sera suivie du passage de l’eau, du compartiment V_2 vers le compartiment V_1 par l’effet de l’osmose.

Expérience 3

On prépare une solution hypertonique du glycérol (hypertonique par rapport au milieu intracellulaire des cellules d’oignon).

Dans ce milieu on met un morceau de l'épiderme interne d’une écaille charnue d’un oignon.

Et on observe au microscope. Au début, les cellules apparaissent plasmolysées. Après un certain temps, elles deviennent turgescentes.

Exploitation des résultats

Vu que la solution est hypertonique, et vu que les molécules d'eau sont les plus rapides à traverser la membrane ; c'est l'effet de l'osmose qui se manifeste en premier lieu.

Ainsi, suite à la sortie d'eau, les cellules deviennent plasmolysées.

Ensuite la pénétration des molécules de glycérol dans la cellule sous l'effet de la diffusion va provoquer l'augmentation de la pression osmotique à l'intérieur de la cellule.

Il s'en suit un flux d'eau entrant sous l'effet de l'osmose.

Ainsi la cellule devient turgescente. C'est le phénomène de déplasmolyse.

Expérience 4

On dépose dans des verres de montre des solutions de nature et de concentrations différentes.

On met dans chaque verre de montre plusieurs carreaux de l'épiderme d'oignon, et on observe au microscope.

On note les variations que subissent les cellules avec le temps.

Les résultats de cette expérience sont présentés par le tableau suivant :

Expériences	Résultats
Une solution de saccharose (0,6 mol/l)	les cellules deviennent plasmolysées.
Une solution de chlorure de sodium (NaCl) (0,3 mol/l)	les cellules sont d'abord plasmolysées, ensuite elles se déplasmolysent après un certain temps.
Une solution de glucose (0,6 mol/l)	les cellules sont plasmolysées ; ensuite elles se déplasmolysent après un temps plus court.
Une solution de glycérol (0.6 mol/l)	les cellules conservent leur état, elles restent turgescentes.
Une solution d’urée (0,6 mol/l)	

Exploitation des résultats

Toutes les solutions étant hypertoniques, on doit s'attendre à une plasmolyse puis une déplasmolyse.

- Pour le saccharose, pas de déplasmolyse; la membrane plasmique est imperméable à ce soluté. C'est une grosse molécule. On parle de perméabilité sélective.
- Pour le cas du glucose, la déplasmolyse est plus rapide en comparaison avec le cas de NaCl. La membrane plasmique est plus perméable au glucose qu’au NaCl. On parle de perméabilité différentielle.
- Pour le cas du glycérol et de l'urée, la perméabilité de la membrane plasmique est tellement élevée que l'on passe directement à la déplasmolyse, sans passer par la plasmolyse.

Conclusions

La diffusion est le déplacement des molécules en solution entre deux milieux séparés par une membrane perméable.

Ce déplacement s'effectue du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré.

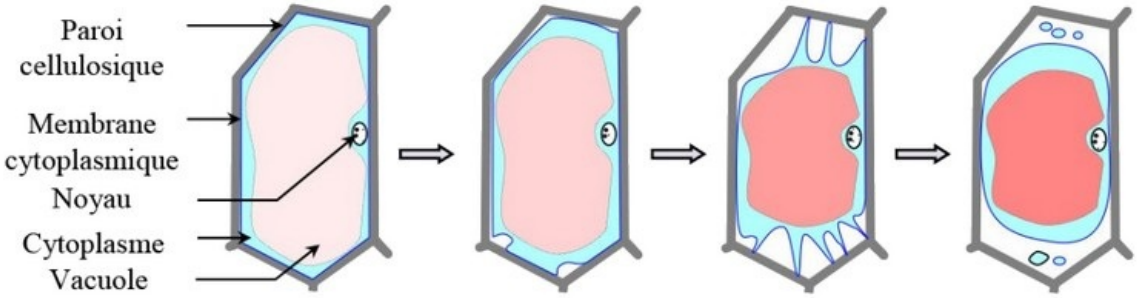
A l'équilibre, la concentration du soluté est la même dans les deux milieux.

Lorsqu'une substance traverse la membrane plasmique suivant un gradient décroissant, on peut considérer en première approximation, que sa diffusion à travers la membrane est une diffusion libre.

La diffusion est en grande partie liée à la taille des molécules; autrement dit, à la masse molaire : les molécules les plus petites traversent la membrane plus facilement.

5-2/ Mise en évidence de la diffusion orientée

L'étude des étapes de la plasmolyse des cellules d'épiderme d'oignon préalablement placées dans une solution de rouge neutre à 1g/l, pH=7,4, montre que les vacuoles sont de plus en plus colorées :



Les vacuoles sont de plus en plus colorées, cela peut être expliqué par le fait que l'eau sort mais le rouge neutre reste.

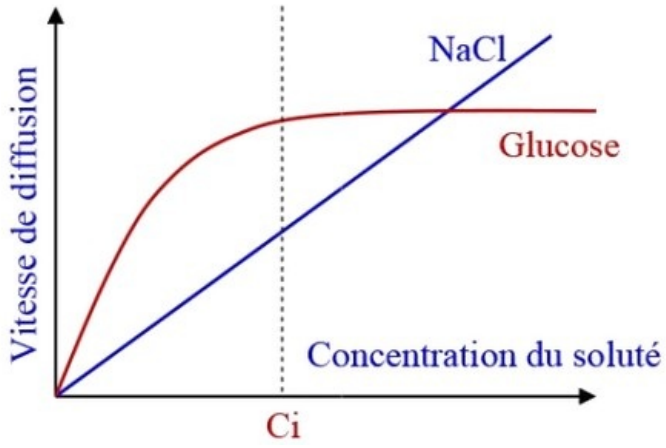
Ainsi le rouge neutre ne traverse la membrane que dans un seul sens: sa diffusion est dite orientée.

5-3/ Mise en évidence de la diffusion facilitée

Expérience

Une étude de la vitesse de diffusion d'un soluté à travers la membrane cytoplasmique d'une cellule vivante a permis de tracer les courbes de la figure suivante.

Les courbes représentent l'évolution de la diffusion du glucose et de NaCl en fonction de leur concentration dans le milieu extracellulaire :



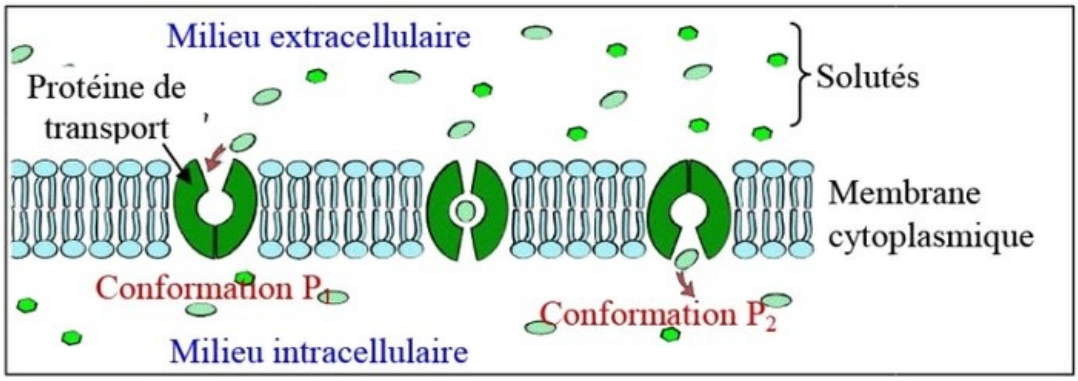
Interprétation des résultats

La diffusion de NaCl est proportionnelle à sa concentration, plus la concentration augmente plus la diffusion augmente.

Pour les faibles concentrations de glucose, inférieur à une valeur Ci, la diffusion est très rapide, et atteint très vite la valeur maximale. Au dessus de la concentration Ci la diffusion reste stable en mie valeur maximale.

La diffusion rapide du glucose est due à des transporteurs spécifiques, ce sont des protéines intégrées dans la membrane cytoplasmique qui fixent le glucose du milieu extérieur et le dépose dans le cytoplasme,

ils facilitent donc le transport du glucose sans aucune consommation d'énergie, ce mécanisme est appelé transport facilité.



L'augmentation rapide de la diffusion est due à l'engagement successif des transporteurs.

Quand tous les transporteurs qui existent dans la membrane cytoplasmique sont engagés, la vitesse de diffusion atteint la valeur maximale et se stabilise.

5-4/ Mise en évidence du transport actif

Expérience

Valonia est une algue verte marine unicellulaire qui se nourrit directement de l'eau de mer par des échanges cellulaires :

On a mesuré la concentration de quelques ions dans le suc vacuolaire de cette algue et dans son milieu de culture : dans des conditions normales et après addition du cyanure dans le milieu de culture

(Le cyanure est une substance toxique qui inhibe la production de l'énergie au niveau de la cellule).

Les résultats obtenus sont représentés sur le tableau suivant :

Milieu de culture	Ions	Comparaison de la concentration intracellulaire et la concentration du milieu de culture
Eau de mer (conditions normales)	K^+	Le suc vacuolaire est plus concentré que le milieu extracellulaire.
	Na^+	Le milieu extracellulaire est plus concentré que le suc vacuolaire.
Addition du cyanure au milieu de culture	K^+ et Na^+	Égalité de concentration entre le suc vacuolaire et le milieu extracellulaire.

D'autres expériences montrent que les ions Na^+ et K^+ se déplacent en permanence entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire , ce qui permet le maintien de l'inégalité de concentration entre les deux milieux dans les conditions normales.

Interprétation des résultats

La concentration en K^+ est plus élevée à l'intérieur des cellules qu'à l'extérieur, alors que la situation est inversée pour Na^+.

Cette inégalité de concentration de ces ions disparaît en absence d'énergie cellulaire.

Les ions Na^+ et K^+ se déplacent en permanence entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire.

En plus de la diffusion, il existe un autre type de transport des molécules à travers la membrane plasmique, C'est le transport actif.

Ce transport nécessite de l'énergie.

Ainsi il est bloqué lorsque la respiration cellulaire est bloquée.

Le transport actif travaille dans le sens diverse de la diffusion pour maintenir l’inégalité de concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane plasmique.

Le transport actif c’est le transport de substances dissoutes à travers la membrane cytoplasmique contre le gradient de concentration, du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique, par des protéines intégrées dans la membrane cytoplasmique qui consomme de l’énergie.