
ESSENTIEL AD « OSMOSE »

Abordée partiellement dans l'application 3 du TD TH 03.

Le potentiel chimique d'un constituant en phase condensée dépend faiblement de la pression :

$$\mu_{i, \text{cd idéal}}(T, P, \text{compo.}) = \mu_{i, \text{cd pure}}^{\circ}(T) + V_{m,i}(P - P^{\circ}) + RT \ln(x_i^{\text{cd}})$$

$V_{m,i}$ est le volume molaire (partiel) du constituant i , assez faible pour les phases condensées. La dépendance du potentiel chimique vis-à-vis de la pression est mise à profit dans les montages d'osmose, comme représenté figure 1.

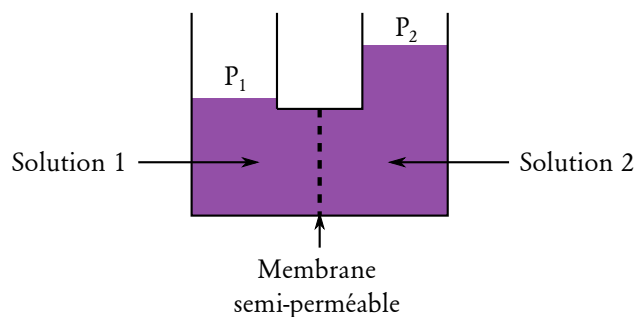


Figure 1 : Situation d'osmose

Les solutions 1 et 2 sont supposées être des solutions aqueuses. Pour que l'eau soit en équilibre entre les compartiments, il faut que son potentiel chimique soit identique dans les deux solutions (on note $x_{\text{eau}}^{(1)}$ (respectivement $x_{\text{eau}}^{(2)}$) la fraction molaire d'eau dans le compartiment 1 (resp. 2)) :

$$\mu_{\text{eau liq. pure}}^{\circ}(T) + V_{m, \text{eau}}(P_1 - P^{\circ}) + RT \ln(x_{\text{eau}}^{(1)}) = \mu_{\text{eau liq. pure}}^{\circ}(T) + V_{m, \text{eau}}(P_2 - P^{\circ}) + RT \ln(x_{\text{eau}}^{(2)})$$

Si la pression imposée dans les deux compartiments est identique, par exemple égale à la pression atmosphérique ($P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$), l'équilibre n'est possible que si la fraction molaire de l'eau est identique dans les deux phases, indépendamment de la nature des autres espèces présentes.

La membrane n'est perméable qu'à l'eau, et retient donc toutes les autres espèces. La seule possibilité pour équilibrer les fractions molaires est donc de transférer de l'eau du compartiment le moins concentré (en autres espèces) vers le plus concentré. La fraction molaire de l'eau va alors diminuer dans le compartiment le moins concentré, elle va augmenter dans le plus concentré.

Mais ce transfert de matière va créer une différence de pression. Ce qui modifie la condition d'équilibre : P_1 étant différent de P_2 , l'équilibre n'est plus atteint quand $x_{\text{eau}}^{(1)} = x_{\text{eau}}^{(2)}$. La situation d'équilibre correspond à une certaine différence de pression $|P_2 - P_1|$, appelée pression osmotique.

Dans le monde du vivant, les parois des cellules sont souvent des membranes semi-perméables. Pour ne pas entraîner de surpression au sein de la cellule qui conduirait à sa mort par éclatement (ou de dépression qui la rend molle - cas des légumes qui mollissent par évaporation de l'eau - voire non fonctionnelle), il faut donc veiller à ce que la concentration de solutés soit la

même de part et d'autre de la membrane. Le gonflement est visible sur un oeuf sans coquille placé dans de l'eau pure, par exemple.

L'application majeure de la pression osmotique est l'osmose inverse : en imposant une différence de pression contraire à la différence qui s'établit naturellement il est possible d'inverser le flux d'eau, donc d'obtenir de l'eau déminéralisée. Cette technique est exploitée pour dessaler l'eau de mer pour obtenir de l'eau potable dans les pays à faibles ressources en eau douce. La pression osmotique pour de l'eau de mer (concentration de $35 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$) est de l'ordre de 30 bar :

$$\pi = 2 \times \frac{35 \cdot 10^3}{58,5} \times 8,314 \times 293 = 29,14 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 29,14 \text{ bar}$$

Cette pression est conséquente car l'effet de la pression sur le potentiel chimique reste faible, le volume molaire de l'eau liquide étant faible par rapport à celui de gaz par exemple.

La difficulté technique est alors qu'il faut une membrane qui ne soit traversée que par l'eau et non les autres espèces, même sous une pression de 30 bar, et dont les pores ne soient pas obstrués par les autres espèces qui peuvent précipiter à proximité de la membrane du fait des concentrations élevées atteintes.

Ces membranes sont aussi utilisées dans l'industrie agroalimentaire, pour le traitement des effluents. Les pressions mises en jeu sont moindres car les solutions sont initialement moins concentrées. Les membranes présentent un fonctionnement satisfaisant jusqu'à 10, voire 25 bars, selon le type utilisé.