

# Introduction

Joëlle Bélanger (Practicum des sciences I, Hiver 2002)

La prestation d'une leçon est l'aboutissement d'un travail de préparation minutieux. En effet, l'enseignant doit effectuer la transposition didactique des notions ou des concepts à enseigner pour les rendre accessibles à l'élève. Pour ce faire, il doit reconceptualiser, c'est-à-dire étudier le concept sous tous ses angles afin de se l'approprier. Il doit consulter des documents et des ouvrages qui lui donneront une vue d'ensemble du concept. Ensuite, il pourra organiser l'information, la vulgariser, la morceler en vue de l'enseigner. De plus, l'enseignant doit également prévoir les difficultés potentielles reliées au concept à l'étude. Cela comprend les difficultés provenant des mathématiques. Il devra les repérer dans les productions des élèves ayant déjà étudié cette notion ou s'informer auprès d'enseignants qui l'ont enseignée auparavant. Cela lui permettra de cerner la difficulté et de faire un diagnostic précis. Enfin, il pourra chercher des pistes de solutions pour y remédier.

Partie théorique :

# *Reconceptualisation*

## Partie A

### Description

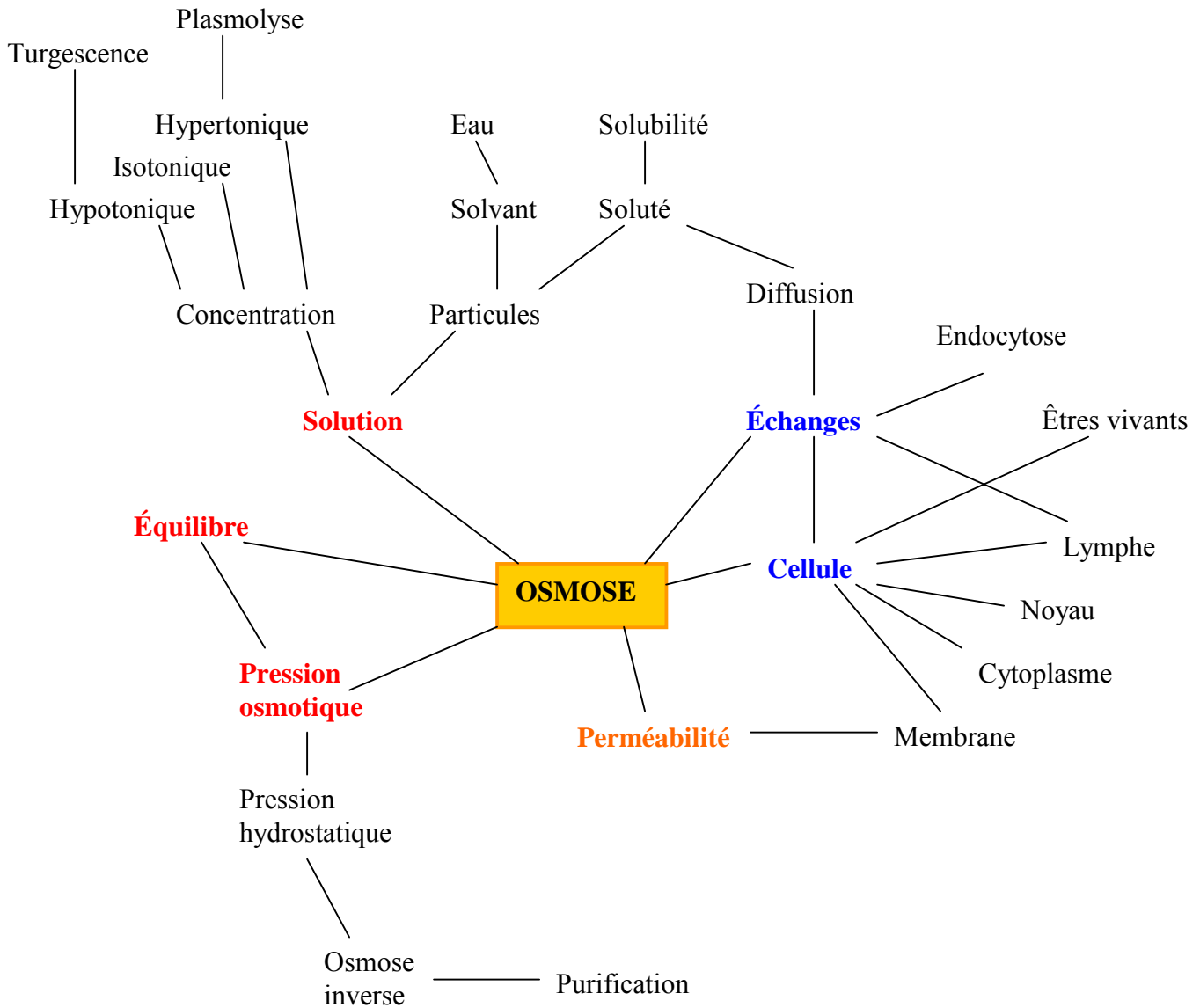
Au Québec, l'osmose est d'abord enseignée en biologie humaine de troisième secondaire. Cela s'inscrit dans l'étude de la cellule, sous l'objectif terminal de décrire une cellule et de la situer à l'intérieur des structures du vivant. En fait, cela fait partie des objectifs intermédiaires d'identifier les structures fondamentales et leur rôle et d'énumérer les types d'échanges entre la cellule et son milieu. On y décrit le fonctionnement de la membrane plasmique, les modes d'échanges et leur rôle pour la cellule.

Le concept d'osmose est repris en biologie générale de cinquième secondaire, sous l'objectif terminal de démontrer que tout être vivant est formé d'un ensemble d'éléments en interaction. Plus précisément, il est compris dans l'objectif intermédiaire d'associer les composantes du vivant aux caractéristiques d'un système. À ce moment, on ajoute le principe général de l'osmose, la pression osmotique, la tonicité des solutions et son effet sur les cellules.

Le concept est aussi associé à la chimie à cause des notions qui y sont reliées : solution, concentration, équilibre, soluté, solvant... Par ailleurs, l'osmose est enseignée dans les écoles de niveau secondaire de partout dans le monde : au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, et même en Israël, tel que précisé dans l'article de Zuckerman présent en annexe, *Accurate and inaccurate conceptions about osmosis*. Cela est dû au fait qu'il s'agit d'un concept clé de la compréhension des systèmes vivants et qu'il intervient dans plusieurs phénomènes physiques et chimiques de la vie courante.

## Partie B

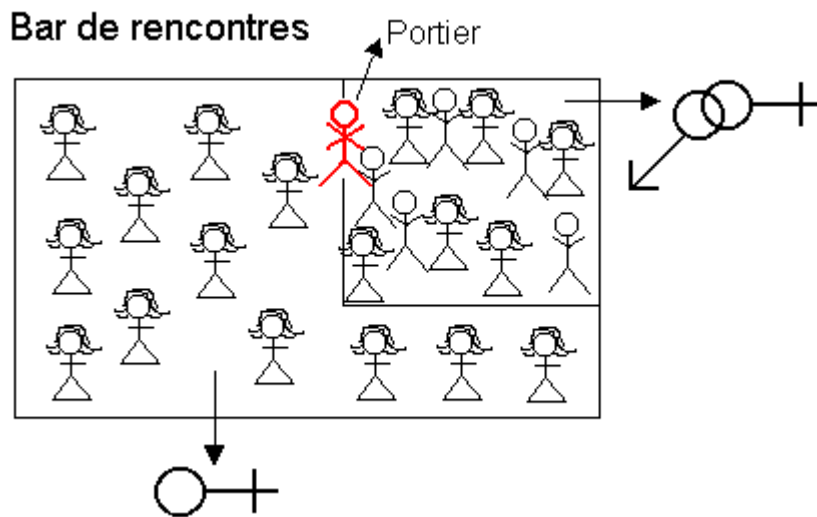
### Réseau conceptuel



L'osmose est au centre de plusieurs concepts **biologiques**, **chimiques** et **physiques**. Les concepts principaux sont donc représentés selon ce code de couleur. Cela nous donne un réseau en forme de soleil avec de multiples rayons, qui se divisent à nouveau en notions plus précises.

## Niveau analogique

Une analogie qui peut être utilisée pour faire comprendre l'osmose est le bar de rencontres. Ce bar est divisé en deux, une partie est réservée uniquement aux femmes. Il y a une porte entre les deux parties, mais il y a un portier qui contrôle les entrées et les sorties. Il laisse les femmes circuler librement, mais les hommes n'ont pas le droit de passer. Au début de la soirée, il y a beaucoup de femmes de leur côté, mais à mesure que l'atmosphère se réchauffe, certaines traversent dans l'autre partie. Les hommes sont donc en moins grande concentration, même s'ils sont le même nombre. Les femmes ont « dilué » les hommes. Cependant, il y a de plus en plus de personnes dans cette partie. La pression monte. Quand ce sera plein, le portier ne laissera plus entrer de femmes, à moins qu'une autre en sorte. Ce sera l'équilibre. La concentration en hommes restera la même. Voici un schéma de ce bar fictif :



Si on compare avec une solution, les femmes sont le solvant, par exemple l'eau. Les hommes sont le soluté. Le portier, c'est la membrane semi-perméable. La pression, c'est pareil à la pression osmotique et on atteint l'équilibre osmotique, à la fin, alors qu'il y a toujours des molécules d'eau qui passent, mais pourvu qu'il y en ait autant qui entrent et qui sortent.

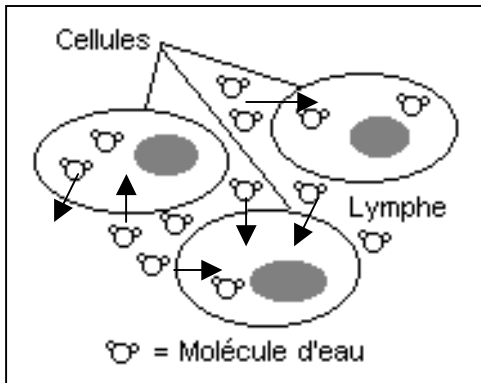
On pourrait aussi expliquer l'osmose inverse par cette analogie. Les murs de la partie où se côtoient des personnes des deux sexes se referment. La pièce rapetisse, comme dans les films. Donc, il y a beaucoup de pression et les gens sont très tassés. Il y a des femmes qui sortent. La pièce redevient concentrée en hommes et l'autre partie se remplit à nouveau de femmes. C'est un bon moyen pour séparer les deux sexes, comme si on voulait séparer le solvant du soluté. C'est ce qu'on fait, par exemple, pour enlever les impuretés de l'eau afin de la rendre potable ou encore pour séparer l'eau du sucre dans l'eau d'érable. Je reviendrai sur ces exemples dans la partie contextualisation.

La faiblesse de cette analogie réside dans les concepts reliés à la solution, c'est-à-dire la représentation du solvant et du soluté. Les élèves pourraient les inverser et confondre avec la diffusion. De plus, elle n'illustre pas le principe de solubilité et de dissolution. Elle permet malgré tout de bien expliquer ce qui se passe et d'illustrer le mouvement des molécules, la pression et l'équilibre osmotiques, ainsi que le processus inverse.

L'analogie serait du premier niveau de complexité si on ne parlait que des échanges par l'intermédiaire du portier. Cela représente un second niveau quand on ajoute les notions de pression et d'équilibre osmotique. C'est encore plus complexe de parler de l'osmose inverse. Pour être à un niveau de complexité encore supérieur, on pourrait avoir des hommes dans les deux parties, mais seules les femmes pourraient traverser la porte. Ainsi, les femmes se dirigeraient naturellement du côté où il y a le plus d'hommes (le plus concentré) pour les « diluer ». Cela compléterait l'analogie.

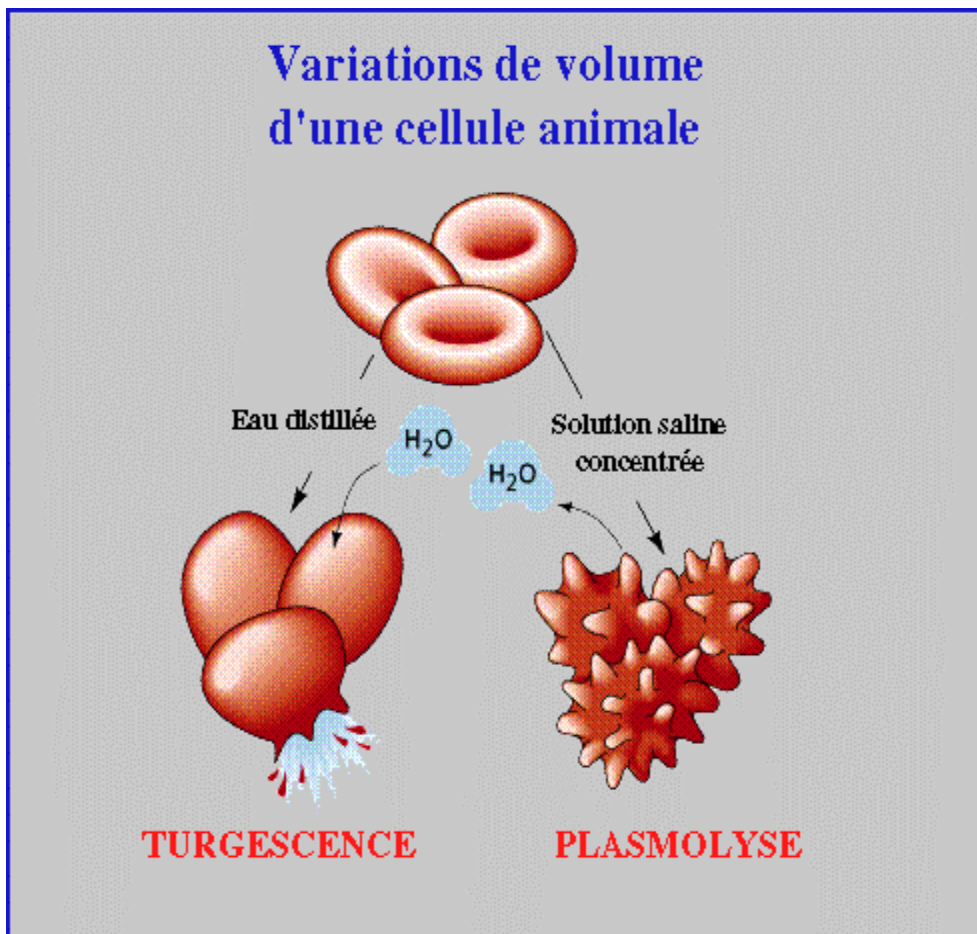
## Niveau concret

### Niveau concret 1



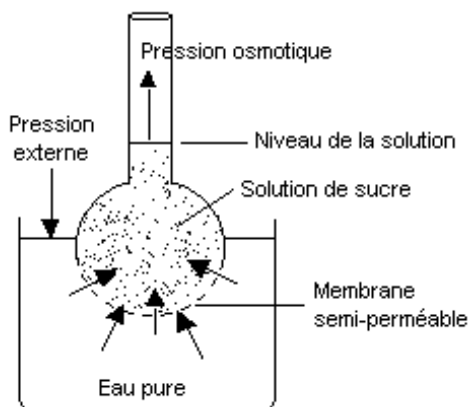
Ici, on illustre l'échange des molécules d'eau entre la lymphe et les cellules par osmose. C'est de cette façon que ce phénomène est présenté en troisième secondaire, dans le cours de biologie humaine.

### Niveau concret 2



On observe encore le sens du mouvement de l'eau. On a ajouté l'effet de la concentration du milieu sur les cellules.

### Niveau concret 3 :



Le principe général est schématisé. J'ai insisté sur la membrane, sur le niveau de la solution qui augmente et sur la pression osmotique. Je me suis inspirée des notes du cours universitaire *Chimie Physique I*. Les manuels de biologie générale de cinquième secondaire ont des schémas semblables.

### **Niveau procédural**

La capacité à calculer la pression osmotique ou hydrostatique pour un système donné ne fait pas partie des objectifs d'apprentissage du secondaire, où on se limite à prédire le mouvement qui s'opérera, ce qui est beaucoup moins complexe.

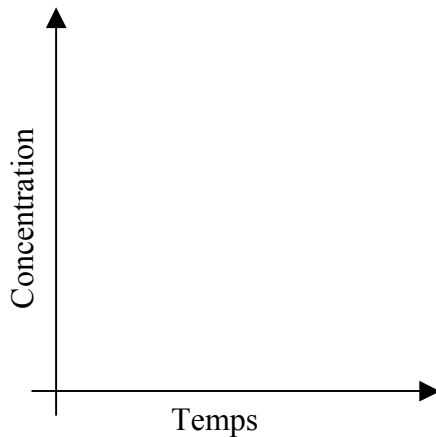
### **Niveau abstrait**

Niveau mathématique 1 : Il y a une formule pour calculer la pression osmotique ou hydrostatique, mais elle n'est pas enseignée dans les cours de biologie au secondaire :  $P = C \cdot T \cdot R$ , où  $C$  est la concentration en mol/L,  $T$  est la température en Kelvin et  $R$  est la constante des gaz parfaits, soit  $0,0821 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ . On obtient une pression en atm. Quand la solution monte dans une colonne verticale, la pression est aussi en fonction de la densité ( $\rho$ ) et de la hauteur du niveau ( $h$ ). En effet,  $P = h \cdot \rho \cdot g$ , où  $g$  est la constante gravitationnelle, soit  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .



Niveau mathématique 2 : Il existe aussi une formule pour décrire le mouvement des molécules en fonction du temps :  $dm/dt = -DSdc/dt$ ,  $dm$  étant la quantité de substance diffusée dans le temps  $dt$ , au travers de la surface  $S$ , et  $D$  étant le coefficient de diffusion ou diffusivité. Plus généralement :  $J = -D \text{ grad } C$ ,  $J$  étant le vecteur densité de courant de diffusion, proportionnel au gradient de la concentration. Ceci dépasse de beaucoup les compétences des élèves du secondaire et les miennes aussi.

Graphique : On ne va pas si loin au secondaire au Québec, mais on peut présenter le graphique du niveau de la solution en fonction du temps ou encore celui de la concentration de la solution en fonction du temps. On imagine ici une situation telle qu'illustrée dans le niveau concret 3.



À mesure que la solution monte dans la colonne, elle exerce une plus grande pression à cause de son poids. Le processus d'osmose s'en trouve ralenti. Le processus est en équilibre lorsque la pression osmotique est égale à la pression externe. La concentration demeure alors constante.

Pour rendre le problème plus complexe, on peut partir avec une deuxième solution au lieu de l'eau pure. Ce serait encore plus complexe de tenir compte de la pression due à la masse volumique de la solution ou bien d'introduire une pression extérieure pour forcer le mouvement des molécules d'eau.

## Niveau discursif

Niveau discursif 1 : « L'osmose est le passage de l'eau d'un milieu à faible concentration vers un milieu à forte concentration de soluté. Ce mouvement de l'eau a pour effet de diluer le milieu plus concentré. Ce phénomène s'effectue jusqu'à ce que la concentration soit équilibrée de part et d'autre de la membrane. »<sup>1</sup> Cette explication de l'osmose est adaptée pour les élèves de troisième secondaire et elle ne mentionne pas la pression osmotique. Une définition semblable est donnée par le volume *Bio-logique, biologie humaine, 3<sup>e</sup> secondaire*, à la page 83.

Niveau discursif 2 : En cinquième secondaire, le cours de biologie générale ajoute qu'en théorie, l'eau continuerait de traverser la membrane pour aller diluer la solution, mais que la pression osmotique l'en empêche. « La pression osmotique est la force qu'il faut exercer pour retenir le mouvement de l'eau à travers la membrane sélectivement perméable. »<sup>2</sup> De plus, on applique la notion d'osmose aux cellules végétales et animales et on explique ce qui arrive quand elles sont plongées dans des solutions isotoniques, hypotoniques (turgescence) et hypertoniques (plasmolyse).

Des niveaux discursifs plus complexes pourraient s'ajouter, mais ils ne seraient plus du niveau des compétences que l'on demande aux élèves d'acquérir au secondaire. Par exemple, l'osmose inverse est le processus par lequel on exerce une pression sur une solution pour que le solvant passe à travers de la membrane semi-perméable et se sépare ainsi du soluté qui ne peut pas traverser.

---

<sup>1</sup> Réjean Caron, Marie-Josée Faugas-Roy, Marielle Godin. *De la tête aux pieds BIOLOGIE, 3<sup>e</sup> secondaire*, Éditions HRW, Laval, 1997, p. 120.

<sup>2</sup> Sylvia S. Mader. *Biologie : Évolution, diversité et environnement*, Éditions du Trécarré Inc, St-Laurent, 1987, p. 68.

## Contextualisation

L'exemple de la cellule est beaucoup utilisé dans les manuels scolaires puisque les échanges entre la cellule et son milieu sont la raison pour introduire la notion d'osmose. Il est certain que c'est une utilité de l'osmose non négligeable pour des élèves du secondaire, même s'ils ne peuvent pas voir de cellules à l'œil nu. Ils doivent prendre conscience que la cellule est à la base de la vie et comprendre ses modes d'échange avec son milieu.

Cependant, la conservation des aliments est une application de l'osmose qui touche les jeunes de plus près. Raynald Pépin, dans le livre *Au-delà des apparences*, donne l'exemple de la confiture qui se conserve parce que les bactéries baignent dans une solution extrêmement sucrée et l'eau qu'elles contiennent s'en va dans la confiture pour diluer le sucre. C'est mortel pour les bactéries. Cet exemple facile à comprendre pourrait certainement intéresser des adolescents, car cela fait appel à leur vécu et à leurs sens. Le même principe est utilisé quand on sale les aliments, par exemple les poissons, pour les conserver plus facilement. Expliquer le salage et le séchage de la morue par les Gaspésiens pourrait s'avérer intéressant.



Il y a aussi l'exemple des végétaux. La plante va chercher son eau dans la terre par osmose. Il faut faire attention de ne pas mettre l'engrais trop près de la plante, car ses cellules contiendront plus d'eau que la terre, qui sera saturée en sels minéraux. De ce fait, les cellules donneront leur eau au milieu, ce qui pourrait leur être dommageable. En outre, l'état de turgescence des cellules leur est bénéfique, car cela joue un rôle de soutien. En effet, si les cellules sont gorgées d'eau, elles sont gonflées et si toutes les cellules des tiges sont gonflées, cela permet de soutenir la plante et ses feuilles. À titre d'exemple, un céleri qui manque d'eau devient mou. Si on le replonge dans l'eau, il redeviendra ferme par osmose. Cet exemple est concret et même tangible puisque l'on pourrait apporter en classe une plante comme la violette africaine,



dont les tiges deviennent molles si elle manque d'eau. Plusieurs sources présentent aussi l'expérience de la pomme de terre plongée dans une solution saturée en sel (qui se ratatine) et une autre plongée dans l'eau pure (qui se gonfle). Cela pourrait être fait en démonstration ou bien des élèves volontaires pourraient réaliser l'expérience chez eux et en présenter un compte-rendu à la classe.

Le principe de l'osmose inversée est de plus en plus utilisé dans la fabrication du sirop d'érable. On exerce une pression sur l'eau d'érable, les molécules d'eau n'ont

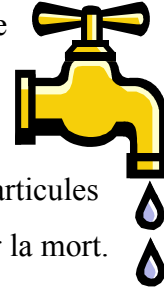


d'autre choix que de traverser la membrane semi-perméable et la solution devient plus sucrée, car les molécules de sucre y sont emprisonnées. Il y a plusieurs milieux où les sucreries font partie de l'économie de la région, ce qui en fait un exemple près des jeunes. De toute façon, partout au Québec, la plupart des jeunes ont déjà été à la cabane à sucre ou mangé des produits d'érable. Un élève dont la famille possède une telle entreprise pourrait même expliquer le principe ou encore on pourrait faire venir un expert. En région plus urbaine, l'étude de l'osmose pourrait être jointe à la visite d'une cabane à sucre.

Un contre-exemple que je vois dans le principe d'osmose consiste à montrer aux élèves que le soluté ne traverse pas la membrane. Je pourrais utiliser à nouveau l'analogie du portier du bar de rencontres qui empêche les hommes de passer. De plus, le fait que la concentration ne puisse pas être égale des deux côtés peut aussi être comprise avec la même analogie. Il ne pourra jamais y avoir autant d'hommes de part et d'autre de la porte puisqu'il n'y en aura jamais du côté réservé aux femmes. C'est comme l'eau pure qui ne deviendra jamais concentrée en soluté puisqu'il n'y en aura pas qui y pénétrera. Malgré cela, l'équilibre s'établira à cause de la pression, comme le fait d'être trop serrés empêche de nouvelles femmes d'entrer. Toutefois, le mouvement des molécules d'eau ne s'arrête pas à l'équilibre. En effet, les femmes continuent d'entrer, pourvu qu'une autre femme sorte en même temps. Ces conceptions erronées pourraient survenir lors de l'enseignement de l'osmose et il est important de pouvoir montrer qu'elles ne sont pas correctes, par un contre-exemple ou bien par le biais d'une analogie. Ces représentations

initiales des élèves sur l'osmose ont été identifiées et étudiées par Zuckerman en 1993, ainsi que par Friedler en 1985.

Je me suis intéressée au concept d'osmose parce que le procédé de purification de l'eau par osmose inversée est très en vogue, surtout depuis les événements de Walkerton. Les eaux contaminées sont un problème sérieux qui touche la population. *Le Soleil* en faisait état dans un article intitulé « Eau potable, mais à vos risques », paru le 10 mai 2001. Les bactéries et autres particules contenues dans l'eau du robinet peuvent nous rendre malades et même causer la mort. Par ailleurs, on s'interroge sur la qualité et sur la provenance de l'eau embouteillée



dans *L'Actualité* du 1<sup>er</sup> octobre 2001 : « Eaux embouteillées, un Château Robinet ? » Il y a de l'eau de source embouteillée, mais il y a aussi de l'eau traitée, c'est-à-dire de l'eau du robinet filtrée puis embouteillée. En outre, le procédé de filtration par osmose inversée a été utilisé par les soldats canadiens pour venir en aide à des survivants lors d'un séisme en Turquie, tel que relaté par *La Presse* du 26 août 1999. Ces trois articles pourraient constituer un contexte réel, une mise en situation attrayante pour la présentation du concept d'osmose.

Plusieurs revues parlaient des systèmes de filtration de l'eau par osmose inversée, par exemple le magazine *Protégez-vous* de mai 1995 et le périodique *Sciences et technologies de l'eau* dans des numéros de 1984 et 1988. Il y a aussi un article de *La Recherche* publié en mai 1989 sur l'obtention d'eau pure pour les laboratoires par osmose inverse. Les scientifiques travaillent avec de l'eau distillée et parfois même déionisée. L'osmose inverse permet d'en obtenir plus facilement et à des coûts dix fois moindres. Il est important de sensibiliser les élèves au travail des scientifiques et cet article pourrait être utile à cet effet. En fait, il montre aux élèves une autre utilisation de ce principe tout en les introduisant au monde des scientifiques.

Par ailleurs, j'ai trouvé une petite merveille pour les enseignants dans la revue *Spectre* de février-mars 1996 : « Une façon d'enseigner la diffusion et l'osmose ». Cet article, rédigé en français, décrit une recherche effectuée à ce sujet et l'approche

didactique qui en résulte. On y explique les activités d'apprentissage et les questions à poser pour enseigner le concept d'osmose.

J'ai ensuite cherché des documents audiovisuels, car utiliser des méthodes pédagogiques variées est un facteur de motivation des élèves. J'ai trouvé *L'or bleu*, une série de cinq reportages concernant entre autres la contamination de l'eau potable, la controverse opposant la qualité de l'eau du robinet à l'eau embouteillée et le marché des eaux embouteillées. Il s'agit d'une cassette-vidéo de 58 minutes animée par Jean-François Lépine dans le cadre de l'émission *Enjeux*, diffusée à Radio-Canada en 1991. Celle-ci pourrait très bien être présentée à des élèves du secondaire dans le cadre de l'étude de l'osmose. C'est encore une fois un contexte qui pourrait devenir un prétexte à l'étude de ce concept et même à réaliser une recherche sur le sujet.



Par la suite, j'ai voulu trouver des sites Internet sur le sujet. J'ai découvert un endroit où l'osmose était très bien expliquée, mais pas illustrée. Il s'agit de : [http://www.sciences-en-ligne.com/Frames\\_dictionary.asp](http://www.sciences-en-ligne.com/Frames_dictionary.asp).

J'ai aussi découvert les sites suivants, d'où j'ai tiré plusieurs informations pertinentes dont le dessin présenté au deuxième niveau concret et les équations mathématiques de la pression osmotique : <http://www.ulg.ac.be/virofond/biogen/page13.htm>

[http://users.skynet.be/chr\\_loockx\\_sciences/exp\\_osmose\\_4.htm](http://users.skynet.be/chr_loockx_sciences/exp_osmose_4.htm)

Trouver des images attrayantes est important, surtout si l'enseignant prévoit donner aux élèves un document écrit sur l'osmose. J'ai cherché quelques images et les ai incluses dans mon travail. Cela enlève à la monotonie des documents avec de longues écritures, autant à l'université qu'au secondaire.