

GARREAU Arthur  
PCSI  
TIPE

## **thème: Influence de l'écoulement de la saumure dans la thermodynamique de la glace de mer**

### Bibliographie commentée :

L'évolution climatique de notre planète est un enjeu majeur du 21<sup>e</sup> siècle. La banquise a un rôle important dans les phénomènes de régulation de la température terrestre. En effet la capacité thermique de la glace est bien supérieure à celle de l'eau des océans (environ 5 fois supérieure) et agit donc comme un tampon thermique naturel pour notre planète [1]. Il est donc important de comprendre les phénomènes menant à la formation ou à la fonte de la glace et notamment la glace de mer.

On sous-estime souvent l'influence des sels ioniques dans ces phénomènes. Les molécules d'H<sub>2</sub>O sous forme de glace sont liées par de nombreux ponts hydrogènes et forment ainsi une maille hexagonale [1]. Les fortes interactions ions-dipôle entre le sel et l'H<sub>2</sub>O compliquent la formation de cette maille ce qui explique la diminution du point de congélation de l'eau lorsque sa salinité augmente [2]. La densité maximale de l'eau étant à +4°C, on peut trouver des traces de systèmes en mailles dans l'eau jusqu'à cette température [1,2].

La saumure (eau extrêmement salée) est présente en masse dans la banquise au travers des chenaux de saumure. Lors de la formation de la glace, elle «emprisonne» des bulles d'eau de mer particulièrement salée qui se déplacent et se diffusent ensuite dans l'épaisseur de glace à travers des chenaux. La diffusion saumure a un impact fort dans toute la thermodynamique de la glace [1,2]. Le volume de saumure présent dans la glace dépend de la salinité de la glace et de sa température. On sait également que l'augmentation de la présence de saumure à travers la glace fragilise celle-ci [3]. La façon dont cette saumure liquide en mouvement permanent se diffuse dépend de nombreux paramètres thermodynamiques (notamment énormément des variables liées à la température) [4]. Cette diffusion de la saumure peut être à l'origine de phénomènes telles que les brinicles .

Dérivant de l'anglais «brine»(saumure) et «icicle» (stalactite), le brinicle est une poche de saumure ayant traversé l'épaisseur de glace et se retrouvant au contact de l'eau de mer. Le sel réduisant le point de congélation de l'eau, la poche de saumure s'écoule dans l'océan dans une phase encore liquide mais l'eau de mer en contact de cette poche se congèle instantanément. L'eau de mer s'infiltré par osmose dans cette glace poreuse nouvellement formée et entraîne la rupture du bas de cette stalactite de glace par laquelle s'écoule la saumure [5] . Ceci forme un tube de glace qui se propage vers le fond de l'océan et gèle tout sur son passage. On peut donc faire une analogie entre ce phénomène et d'autres mieux connus tels que les jardins chimiques ou encore les monts hydrothermaux, ce qui facilite sa modélisation [5].

*objectifs : La composition de la saumure pouvant varier d'une région à l'autre et évoluer suite aux transformations climatiques de notre planète, nous chercherons à déterminer l'impact de la concentration en sels de la saumure et de la composition chimique de celle-ci sur les propriétés thermodynamiques de la glace de mer (capacité thermique, vitesse de formation, écoulement,...). Nous réaliserons un modèle théorique du brinicle puis un modèle expérimental afin d'étudier le rôle de la composition de la saumure dans ce phénomène en particulier.*

### Bibliographie :

- [1] B. VAN VLIET-LANÖE : La planète des glaces, (*chapitre 1*), Vuibert, 2005
- [2] O. FEYS & O. LIETAER : Méthodes d'éléments finis pour la dynamique de la glace de mer, Université Louvain, mémoire de fin d'étude, 2004-2005
- [3] GUENTHER FRANKENSTEIN & ROBERT GARNER : Equations for determining the brine volume of sea ice from  $-0,5^{\circ}\text{C}$  to  $-22,9^{\circ}\text{C}$ , Cambridge, *Journal of Glaciology*, Vol. 6, No. 48, 1967
- [4] R. H. THOMAS : Liquid brine in ice shelves, Cambridge, *Journal of Glaciology*, Vol. 4, No. 70, 1975
- [5] J.H.E CARTWRIGHT , B. ESCRIBANO, D.L. GONZALEZ, C.I. SAINT-DIAZ & I. TUVAL : Brinicles as a case of inverse chemical gardens, *Langmuir, American Chemistry Society*, vol 29 (25), p 7655–7660

### Pistes d'expériences :

- Après avoir créé plusieurs échantillons de glaces de saumures de composition et de concentration différentes :
  - détermination par calorimétrie de la capacité thermique de ces glaces
  - étude du temps de fonte et du temps de congélation
  - étude thermique de l'échantillon ( à l'aide d'une caméra thermique)
  - étude du déplacement de la saumure (au moyen de sels colorés)
  
- reproduire un brinicle (à échelle réduite) et étudier son comportement (vitesse de propagation, température,...) pour différentes compositions de saumure