

EXPERIENCES

Sur les différents degrés de froid qu'on peut produire, en mêlant de la Glace avec différents Sels, ou avec d'autres matières, soit solides, soit liquides; & de divers usages utiles auxquels ces expériences peuvent servir.

Par M. DE REAUMUR.

AVEC du feu actuel, avec du feu sensible appliqué 5 Mai
contre des matières que nous nommons *inflammables*, 1734.
nous sçavons produire de nouveau feu. Cette production du feu si facile, & qui nous est si nécessaire, nous paroîtroit un des plus merveilleux phénomènes de la Nature, si nous étions moins accoutumés à la voir. Rien ne devoit nous paroître plus surprenant que de ce qu'au moyen d'une étincelle on peut transformer des masses immenses dans une matière prodigieusement active, pareille à celle de l'étincelle même. Ce qu'est pour nous du feu actuel pour la production de nouveau feu, la glace l'est pour la production de nouvelle glace. Avec de la glace, mêlée avec certaines matières, avec certains sels, on gele, on transforme en un corps solide, en glace diverses especes de liqueurs aqueuses.

La pratique connue & usitée pour faire de la glace, lorsque l'air n'est pas assez froid pour geler l'eau, suppose donc de la glace déjà faite. On met dans un vase mince, tel qu'un vase de fer blanc, la liqueur qu'on veut convertir en glace. On pose ce vase dans un autre vase plus grand; & on remplit de glace pilée & mêlée avec quelque sel l'espace qui est entre les parois intérieures du grand vase & les parois extérieures du vase qui contient la liqueur qu'on veut faire geler.

Cette voye de produire des congélations, qu'on peut nommer *artificielles*, a fourni aux Physiciens une ample

matière à des expériences curieuses. Pour prendre une idée suffisante de toutes celles qui ont été faites sur ce sujet, & sur beaucoup d'autres sujets de Physique, on n'a qu'à lire la Traduction Latine que nous a donnée depuis peu M. Mussichenbroeck des Essais de l'Académie de Florence. Ce sçavant & laborieux Auteur l'a accompagnée d'additions considérables, où il a rassemblé avec un très-grand soin les expériences les plus singulières qui ont été faites par d'autres, ou par lui-même, sur chacun des sujets traités dans le corps de l'ouvrage depuis 1667, c'est-à-dire, depuis le temps où il fut imprimé pour la première fois.

Malgré pourtant le grand nombre d'expériences qui ont été faites sur les congelations artificielles, j'ose dire que c'est une matière qui n'est encore qu'ébauchée; les expériences les plus simples, qui sont pourtant les fondamentales, nous manquent encore; d'autres plus recherchées, les ont fait négliger.

On sçait que l'eau qui commence à bouillir, a pris le plus grand degré de chaleur qu'elle puisse prendre, mais il n'en est pas de même du degré de froid qu'a pris l'eau qui commence à se geler, ou de la glace qui n'a que le degré de froid qu'il lui faut pour rester glace: elle est susceptible d'une suite de degrés de froid de plus grands en plus grands, dont nous ignorons le terme. Différents sels mêlés avec la glace, ou le même sel mêlé avec la glace en différentes proportions, font naître des degrés de froid supérieurs à celui qu'elle avoit, lorsqu'elle a été formée, & ces degrés de froid sont plus grands selon la nature du sel qui a été employé. Ce que j'appelle les expériences simples & fondamentales, sont celles qui doivent nous apprendre quel degré de froid peut produire chaque sel, & la proportion dans laquelle il doit être mêlé avec la glace pour produire le plus grand des froids qu'il est capable de faire naître. Ces expériences sont les points d'où nous devons partir pour arriver à des expériences plus curieuses, & elles nous fourniront quelques résultats utiles auxquels nous nous arrêterons principalement ici.

J'ai

J'ai donné dans les Mémoires de 1730, la construction de Thermometres dont les degrés sont comparables, c'est-à-dire, de Thermometres tels que si on en place plusieurs les uns auprès des autres, ils marqueront par un même nombre de degrés, l'état du froid ou du chaud de l'air qui les environne, & en degrés qui ne sont pas des portions du tube prises arbitrairement, mais qui sont chacun des portions égales d'un volume connu d'une liqueur connue. Comme de pareils Instruments étoient absolument nécessaires pour nous donner des mesures connues des degrés de refroidissement, il étoit en revanche absolument nécessaire de produire de très-grands degrés de froid, & de les faire soutenir à ces Thermometres, pour mettre leur marche hors d'état d'être troublée par les froids des plus rudes hivers auxquels ils peuvent être exposés; car il y a long-temps que des Physiciens ont observé que la marche des Thermometres à esprit de Vin étoit quelquefois dérangée par de grands degrés de froid. J'ai établi ailleurs que le dérangement qui y arrive étoit produit par l'air qui s'en échappe, & j'ai cherché à mettre leur esprit de Vin en un état tel que les plus grandes chaleurs de l'air que nous respirons, ne pussent occasionner l'échappement d'aucunes bulles d'air de leur liqueur. Il n'est pas moins certain que le grand froid, comme le grand chaud, donne occasion à des bulles d'air de se dégager de l'esprit de Vin, & ce sont les bulles qui s'en échappent pendant le grand froid, qui troublent alors les marches des Thermometres. Les observations qui ont été faites sur ces Thermometres par un attentif observateur *, dans un Voyage aux Indes Orientales, nous ont déjà appris qu'on peut passer la Ligne, vivre sous les Tropiques, & près de la Ligne sans être exposés à des chaleurs aussi insupportables qu'on les imagine dans des endroits où les rayons du Soleil sont dardés presque à plomb. Les observations faites pendant plus de 16 mois, tant aux Isles de Bourbon, de France & de Madagascar, que dans la route pour y arriver, & par conséquent sous la Ligne, ont fait voir que dans ces 16 mois il n'y avoit pas eu un jour

* M. Cossigny.

dont la chaleur n'eût été au moins inférieure d'un degré ou deux à celle que nous avons eue à Paris dans certains jours de nos étés les plus chauds. Il seroit de même curieux de sçavoir si les plus rudes froids des pays habités près des poles, ne sont pas inférieurs à ceux que nous avons éprouvés dans le mémorable hyver de 1709, ou s'ils leur sont de beaucoup supérieurs : mais pour cela il faut être sûr que la liqueur des Thermometres ne sera aucunement altérée par un froid plus grand peut-être que ceux qu'on a jamais ressentis dans aucun des pays où les hommes ayent pénétré.

Nous sommes maîtres de faire naître presque dans un instant de ces prodigieux degrés de froid. Avant que de parler des moyens par lesquels on les produit, nous dirons que lorsqu'on s'est servi de ces grands froids pour régler le Thermometre, on peut ensuite lui faire soutenir les mêmes degrés de froid sans qu'il en soit dérangé le moins du monde. Mais il nous suffit actuellement de sçavoir que nous avons dans nos Thermometres des instruments propres à mesurer tous les degrés de froid. Nous nous en sommes d'abord servi pour reconnoître celui que pourroit produire chaque sel, & pour régler mieux les rangs dans lesquels on doit mettre les sels par rapport à cet effet, qu'ils ne l'ont été jusqu'ici. Nous avertissons encore que toutes nos expériences ont été faites dans des temps où l'air n'étoit pas assés froid pour geler l'eau, & où la glace n'avoit que le degré de froid nécessaire pour la conserver dans son état de glace.

Le Salpêtre a été regardé comme un des sels des plus efficaces pour produire des congélations artificielles ; tous les Traités qui ont été faits sur la glace concourent à nous en donner cette idée. M. de la Hire, dans le Traité qu'il publia en 1673, sur la formation de la Glace, & où il l'attribuë à une espece de sel très-volatil, contenu en plus ou moins grande quantité dans les sels concrets, prétend que le Salpêtre ou le Nitre a beaucoup plus de ce sel volatil propre à geler que le sel marin. On a recours au Nitre pour expliquer divers phénomènes singuliers de congélation. Si

les Rivières prennent à la Chine à des hauteurs de poles & dans des saisons où le froid ne sembleroit pas devoir être capable de geler, on en attribue la cause au Nitre ou au Salpêtre dont sont imprégnées les terres des pays où ces Rivières ont leur cours. Il est vrai aussi que le Salpêtre est propre à produire des congélations, mais il s'en faut bien qu'il puisse faire naître des degrés de froid aussi grands que ceux que peuvent produire d'autres sels. Avec quelques soins, en quelques proportions que j'aye mêlé avec la glace, du Salpêtre bien raffiné, tel que celui de la troisième cuite, ou du Salpêtre des Indes, le froid qui a résulté du mélange n'a fait descendre la liqueur de nos Thermomètres que 3 degrés $\frac{1}{2}$ au-dessous du terme de la congélation artificielle, c'est-à-dire au-dessous du froid qui suffit pour geler l'eau; & nous verrons bien-tôt que des sels dont on n'a pas une si grande idée par rapport au refroidissement, sont capables de faire descendre plus bas la liqueur du Thermomètre.

Le sel marin sur-tout, le sel de table a bien une autre efficacité pour la production du froid. Si on le mêle dans les proportions convenables avec la glace, c'est-à-dire, si on mêle une partie de ce sel avec deux parties de glace, ou encore mieux deux parties de sel avec trois parties de glace, au milieu des plus grandes chaleurs de l'été, on fait naître dans l'instant un degré de froid plus considérable que celui que l'hiver de 1709 fit sentir dans ce pays. Par des comparaisons d'observations faites en différents temps sur le Thermomètre de l'Observatoire, le plus violent degré de froid de cette année eût fait descendre la liqueur de nos Thermomètres à 14 degrés $\frac{1}{4}$ ou environ, & le sel marin mêlé avec la glace pilée fait descendre la liqueur du Thermomètre à 15 degrés complets.

Il est vrai que le froid de la boule du Thermomètre est alors bien grand; si on la retire du mélange où elle l'a pris, les gouttes d'eau qu'on fait tomber sur cette boule sont gelées presque aussi-tôt qu'elles l'ont touchée. Un certain degré de chaleur tel que celui de la salive, ne retarde pas

sensiblement cet effet ; un crachat qui tombe sur la boule n'a pas le temps d'y couler, il est solide dans l'instant. Si on plonge alors la boule dans de l'eau, elle est sur le champ enduite d'une calote de glace, & on l'envelopperoit ainsi successivement d'une couche de glace très-épaisse, comme on couvre une mèche du suif dans lequel on la plonge.

Le Salpêtre ne peut donc produire qu'un degré de froid déterminé par trois degrés & demi de notre Thermometre, pendant que le Sel marin en produit un de 15 degrés. Les degrés, qui sont les mesures de l'efficacité du froid de chaque sel, seront commodes pour nous donner des degrés fixes de froid ; car en mêlant chacun de ces sels dans des proportions constantes avec la glace, on parvient constamment à avoir le même degré de froid. D'où il suit que dès que d'autres sels que ceux que nous venons d'examiner, nous donneront d'autres degrés de froid intermédiaires, nous serons en état de mieux déterminer les degrés de froid de différents jours d'hiver & de différents pays, de les caractériser en quelque sorte. Les uns pourront être désignés par le froid produit par le Salpêtre ; les autres par le froid produit par le Sel marin ; & les autres par des froids d'autres sels dont nous parlerons dans la suite ; au moyen de quoi il sera toujours aisé de ramener les degrés de froid marqués par un Thermometre quelconque aux degrés de froid du nôtre.

La différence connue des efficacités du Sel marin & du Salpêtre peut être employée à un usage qui paroîtra plus important à bien des gens, & qui généralement paroîtra plus singulier. Pendant la guerre, tout ce qui y a rapport est ce qui nous touche le plus. La Poudre à canon est le grand & le principal agent des opérations militaires ; il importe extrêmement de faire de bonne Poudre, & par la même raison il importe extrêmement d'avoir des moyens de s'assurer de la qualité des Poudres. On en a enseigné plusieurs moyens ; on a imaginé & construit diverses especes d'éprouvettes ou de machines pour reconnoître les forces des différentes Poudres. Toutes ces machines sont faites pour mesurer, soit

l'étendue de la dilatation de la Poudre qu'on essaye, soit la force avec laquelle elle se dilate. Mais ceux qui sont le plus au fait de l'Artillerie, savent combien toutes les épreuves de la Poudre qu'on a proposées jusqu'ici sont incertaines. Quoique je vienne de préparer à la proposition que je vais avancer, peut-être ne s'attend-on pas encore que je propose comme le meilleur moyen d'éprouver la Poudre à canon, qu'on n'a jamais considérée que par rapport à son inflammabilité, que je propose, dis-je, de l'éprouver par le froid qu'elle peut produire. Toute paradoxe que semble cette proposition, elle paroîtra bien-tôt certaine, au moins pour l'épreuve de la plus essentielle des matières qui entrent dans la composition de cette Poudre, pour le Salpêtre. Il paroîtra tout aussi singulier que le Salpêtre, qui est d'autant plus parfait, qu'il est plus inflammable, ne puisse pas être éprouvé aussi sûrement par le feu qu'il le peut être par la glace. Des notions simples & familières à ceux qui ont quelque connoissance des Sels, & sur-tout de la manière dont on raffine le Salpêtre, suffisent pour faire voir la certitude du nouveau genre d'essai du Salpêtre que je propose. On sait que le meilleur Salpêtre est le plus raffiné, & que raffiner le Salpêtre n'est presque que lui ôter une partie du Sel marin avec lequel il étoit mêlé : on lui en ôte une quantité considérable par la première cuite; on lui en ôte par la seconde cuite; & on lui en ôte encore par la troisième ou dernière cuite.

Rappelons-nous à présent nos deux premières expériences sur l'efficacité des sels pour produire du froid; rappelons-nous que le Salpêtre bien raffiné ne produit que 3 degrés & demi de froid au dessous de la congélation, & que le Sel marin en produit 15, & on ne pourra s'empêcher d'en conclure qu'un Salpêtre qui ne sera pas bien raffiné, qui contiendra plus de Sel marin que n'en contient celui qui ne peut faire descendre la liqueur du Thermometre qu'à 3 degrés & demi au dessous de la congélation; que ce Salpêtre, dis-je, moins raffiné, fera descendre la liqueur du Thermometre au dessous de 3 degrés & demi; qu'il la fera

descendre d'autant plus bas qu'il sera moins raffiné, ou qu'il contiendra plus de sel marin. Cela est si évident, que je ne crois pas même qu'il faille avoir recours aux expériences pour le prouver. Aussi me bornerai-je à en citer deux qui donneront quelque idée de ce qu'on peut attendre de ce genre d'épreuves.

Dans la première, j'ai mêlé du Salpêtre de la première cuite avec de la glace pilée, dans les mêmes proportions que j'avois mêlé du Salpêtre bien raffiné avec de pareille glace. La liqueur du Thermometre mis dans ce nouveau mélange a descendu à 8 degrés & demi. Du Salpêtre plus raffiné ne l'eût fait descendre que de 3 degrés & demi. Dans une seconde expérience j'ai employé du Salpêtre encore moins épuré; la liqueur du Thermometre a descendu à 11 degrés. Si on a eu si grande idée du froid que le Salpêtre peut produire, c'est qu'on n'a pas été difficile sur le choix, lorsqu'on a voulu l'employer pour faire de la glace, & qu'on aura souvent pris le moins parfait, le moins salpêtre, qui heureusement étoit le plus efficace pour la production du froid.

Je ne m'arrêterai point actuellement à faire voir plus au long combien il est facile de déterminer par cette voye le degré de perfection de tout Salpêtre donné. Il est clair que si on prend la peine de raffiner du Salpêtre autant qu'il est possible; que si on l'amène à un point où il ne contienne plus, ou au moins il puisse être censé ne plus contenir de sel marin; qu'après qu'on se sera assuré du point où ce Salpêtre peut faire descendre la liqueur du Thermometre, si on mêle ensuite avec ce même Salpêtre du sel marin en différentes proportions toujours de plus grandes en plus grandes, & qu'on s'assure du degré de froid que peut produire le Salpêtre mêlé avec chacune de ces différentes doses de sel marin, on aura une Table des qualités des différents Salpêtres, exprimées en degrés du Thermometre; & cette Table apprendra ensuite la quantité de sel marin que contiendra tout Salpêtre dont on éprouvera la qualité.

Je ne crois donc pas qu'on puisse avoir une meilleure

manière d'essayer le Salpêtre que par le froid qu'il peut produire. Le même genre d'épreuve ne paroîtra pas moins convenir à la Poudre à canon, lorsqu'on sçaura qu'elle est les trois quarts salpêtre; car les doses ordinaires de la composition sont de trois parties de Salpêtre, d'une demi-partie de charbon pilé, & d'une demi-partie de soufre. Le charbon & le soufre ne sont par eux-mêmes aucunement capables d'augmenter ou de diminuer le froid de la glace, & combinés avec le Salpêtre, ils n'en altèrent point l'effet; en voilà des preuves décisives. J'ai mêlé une partie de bonne Poudre à canon bien pulvérisée avec deux parties de glace; le froid qui a été excité par ce mélange a fait descendre la liqueur du Thermomètre à près de 3 degrés $\frac{1}{2}$, comme elle y fût descenduë, si du Salpêtre eût été mêlé avec la glace.

Mais pour m'assurer des différents degrés de froid que la Poudre à canon produiroit selon la différente qualité du Salpêtre qui seroit entré dans la composition, j'ai fait moi-même de la Poudre avec du Salpêtre de la troisième cuite, & ma Poudre a eu le même effet que la bonne Poudre que j'avois achetée. J'ai fait d'autre Poudre avec du Salpêtre de la première cuite; j'en ai mêlé une partie avec deux parties de glace pilée; ce mélange a fait descendre la liqueur du Thermomètre à 8 degrés $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, à 5 degrés $\frac{1}{2}$ plus bas que n'eût fait la Poudre composée de Salpêtre bien raffiné.

De la Poudre à canon faite avec de bon Salpêtre pourroit pecher en ce qu'on n'auroit pas fait entrer assés de ce sel dans la composition, parce qu'on auroit employé le charbon & le soufre en trop grandes doses. Notre épreuve avec la glace nous mettroit encore en état de connoître l'imperfection de cette Poudre; mêlée en même quantité & en même proportion avec de la glace, elle ne produiroit pas autant de froid que de bonne Poudre en produiroit dans les mêmes circonstances.

Il est vrai qu'on pourroit combiner de mauvais Salpêtre avec des doses plus fortes de charbon pilé & de soufre, de manière que de la Poudre qui pecheroit, & par les doses,

& par la qualité du Salpêtre seroit capable de faire naître le même froid que fait naître la bonne Poudre, si on les mêloit l'une & l'autre en même proportion avec la glace pilée. Mais le rapport du poids & du volume de la mauvaise Poudre, au poids & au volume de la bonne, pourroit aider à reconnoître la tromperie, pour peu qu'on l'eût soupçonnée. Il y auroit même un moyen sûr de la découvrir. On feroit dissoudre de cette Poudre avec une suffisante quantité d'eau, l'eau se chargeroit de son Salpêtre. Après avoir filtré cette eau, on la feroit évaporer, & on auroit le Salpêtre de cette Poudre. Par l'essai de la glace, on reconnoîtroit aisément sa qualité, comme on peut reconnoître celle de tout Salpêtre. Ainsi il ne paroît pas qu'il puisse y avoir aucune mauvaise manœuvre dans la fabrique de la Poudre, que notre épreuve par la glace ne découvre. Sans aucun appareil, on parviendroit même à reconnoître la Poudre dans laquelle seroit entré le mauvais Salpêtre; on n'auroit qu'à la mêler en grande dose avec la glace, par exemple, à parties égales; elle produiroit alors un froid plus grand que celui qu'elle avoit produit dans de la glace, y étant mêlée dans une moindre proportion, un froid de plus de 3 degrés $\frac{1}{2}$. La Poudre au contraire faite avec le bon Salpêtre ne fera jamais naître plus de 3 degrés $\frac{1}{2}$ de froid au-dessous de la congélation.

Mais, pour reprendre la suite de nos essais des sels, & pour déterminer en même-temps les degrés de froid de notre Thermometre qui leur répondent, nous supposons que nous les avons mêlés chacun avec la glace dans la proportion la plus avantageuse, nous dirons ailleurs quelle est cette proportion la plus avantageuse pour chacun d'eux. Les degrés dont nous parlerons seront toujours des degrés au-dessous du terme où l'eau commence à se geler.

Quoiqu'on regarde le Soufre comme propre à refroidir l'eau, il n'a nullement refroidi la glace. Le Charbon pilé ne l'a aussi aucunement refroidie.

Le Borax n'a donné à la glace qu'un demi-degré de froid au-dessous de la congélation.

Les

Le Vitriol verd ou de Mars donne 2 degrés de froid au-dessous de la congélation. Le sel de Glauber n'en donne pas davantage.

Mais le Sucre a fait descendre la liqueur du Thermometre à 5 degrés au-dessous de la congélation; il est capable de produire un froid plus grand d'un degré & demi que celui du Salpêtre bien raffiné.

Le sel de Verre, qui est un sel moyen de la nature du sel marin, a fait descendre la liqueur du Thermometre à 10 degrés.

Les essais précédents ont été faits avec des sels moyens; des sels d'une autre nature, des sels alkalis méritoient d'être éprouvés. L'effet du sel de Tartre est assez considérable, il a fait naître un froid plus grand de 10 degrés que celui qui suffit pour geler l'eau.

Le Natron d'Egypte, qui est une espece de sel alkali naturel qui se trouve mêlé inégalement avec le sel marin, a aussi donné un froid de 10 degrés.

Tous les sels alkalis ne sont pas capables de produire autant d'effet; celui que j'ai tiré de la Soude n'a pû faire descendre la liqueur du Thermometre qu'à 6 degrés $\frac{1}{2}$ au dessous du terme de la congélation.

La Chaux même, malgré la chaleur qu'elle produit, quand l'eau la pénètre, augmente d'un degré & demi le froid de la glace avec laquelle elle est mêlée.

La Soude, c'est-à-dire, cette cendre de la Plante appelée *Kali*; la Soude, dis-je, qui est employée à tant d'usages, d'où a été tiré l'espece de sel dont nous venons de parler, fait descendre la liqueur du Thermometre un peu plus de 3 degrés au dessous de la congélation.

Le goût pour ces liqueurs glacées que nous nommons des Glaces, va tous les jours en augmentant. Le temps où une chaleur excessive nous porte à chercher à nous rafraîchir, l'Été n'est plus la seule saison qui leur soit consacrée; on n'est plus étonné de les voir paroître sur les tables au milieu de l'Hiver sous des formes variées & recherchées, &

178 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

avec des couleurs différentes. Quoi qu'il en soit du bon ou du mauvais usage que nous faisons des liqueurs glacées, le grand usage que nous en faisons fût-il l'effet d'un luxe poussé trop loin, plus cet usage s'étend, & plus il importe de pouvoir faire les glaces à moins de frais, en tout temps, & en tous lieux; le résultat de notre dernière expérience nous en donne un moyen. On sçait déjà que ceux dont la profession est de les vendre, les ont mises à un prix excessif par rapport à celui qu'elles leur coûtent. La plus grande dépense à laquelle elles engagent, est celle du sel marin, du sel de table qu'on y employe ordinairement. Si on s'en est tenu à ce sel, quoique cher à Paris, c'est qu'il l'est encore moins que le Salpêtre. Si le Salpêtre ne coûtoit que deux ou trois sols la livre, les faiseurs de glaces se donneroient bien de garde d'employer le sel marin. Nous avons dans la Soude une matière capable de produire à peu-près autant d'effet que le Salpêtre bien raffiné, & une matière à si bon marché, qu'on l'employe même pour les lessives ordinaires.

Ne doutant nullement du succès, j'ai donc essayé de faire des glaces avec la Soude mêlée avec de la glace ordinaire; l'expérience a réussi selon mon attente toutes les fois qu'elle a été répétée, quoique je l'aye faite dans des endroits aussi chauds que le sont pendant l'Été ceux où l'on fait des glaces.

Puisque le sel marin est capable de produire un degré de froid si supérieur à celui du Salpêtre & de la Soude, il sembleroit que le sel marin devroit être employé avec beaucoup plus d'avantage que la Soude, & avec un avantage qui compenseroit la différence du prix. Mais lorsqu'il est simplement question de produire des glaces telles que celles que nous prenons, il n'est pas nécessaire d'avoir recours aux matières qui peuvent donner les plus grands degrés de froid. Quelques remarques sur la petite manœuvre de la fabrique des glaces, nous feront voir même qu'un degré de froid excessif ne répondroit pas aux vûes qu'on se propose. Les glaces destinées à nous être servies, ne doivent pas avoir la dureté des

morceaux de glace, nous les voulons semblables à la neige : pour louer même des glaces bien faites, nous les appelons *des neiges*. On sçait que l'eau qui touche les parois du vase, se gele la première, c'est l'endroit le plus proche des matières qui produisent le refroidissement, & l'endroit qui se refroidit le premier. Pour parvenir à avoir de la glace rare, de la glace en neige, on ratisse de temps en temps avec une lame de couteau ou avec quelque instrument équivalent la couche de glace qui s'est formée contre les parois intérieures du vase ; on la divise ainsi en petites parties qui viennent nager dans la liqueur. Plus on ratisse souvent, plus on est attentif à emporter des couches minces, & mieux on réussit à avoir une glace bien en neige. Si les matières qui produisent le froid, produisent trop subitement un froid excessif, des couches épaisses se forment trop vite, on ne réussit pas à faire une glace si parfaite pour nous.

Une autre considération encore, c'est qu'il est difficile de compasser le temps nécessaire à faire des glaces, de manière qu'elles ne soient faites que dans celui où on les veut prendre. On est souvent obligé de les garder pendant plusieurs heures, & alors on est en risque de les perdre, si on ne revient, & quelquefois à bien des reprises, à les entourer de nouvelle glace mêlée avec du sel. La glace d'eau, celle qui a servi à les produire se fond, elle s'échauffe, & les liqueurs glacées ont le même sort. Il ne suffit donc pas que la matière qu'on employe donne un grand degré de froid, il vaut mieux qu'elle donne un degré de froid moindre, & qu'elle le donne pendant un temps plus long. D'où il suit que lorsqu'on veut faire des glaces, & les conserver pendant quelque temps, la préférence peut être accordée pour cette opération à des sels qui produisent un moindre degré de froid, s'ils le produisent pendant un temps plus long. Les sels qui mêlés avec la glace, font naître un plus grand degré de froid, & généralement toutes les matières qui font naître un froid plus subit, fondent plus subitement la glace. Si la Soude ne produit pas un degré de froid aussi considérable

que celui du sel marin, degré de froid qui n'est pas nécessaire pour notre opération, & qui peut même nuire à un succès parfait, elle a sur le sel marin l'avantage considérable de ne pas faire fondre aussi promptement la glace, & de la maintenir plus long-temps dans le degré de froid qui suffit pour empêcher les liqueurs qu'on a gelées de se fondre.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire, que quand on veut faire des glaces promptement, qu'on veut les faire en cinq ou six minutes, comme on s'en pique aujourd'hui, il faut avoir recours à un sel capable, comme le sel marin, de produire subitement un froid excessif; mais que si on aime mieux les faire à moindres frais, quoique ce soit en plus de temps, on doit se servir de la Soude, & qu'on doit l'employer par préférence, lorsqu'on a besoin de conserver ses glaces pendant plusieurs heures, pendant des demi-journées.

Heureusement il en est encore ici de la Soude comme du Salpêtre, la meilleure, je veux dire la plus estimée comme Soude, & la plus chère, celle d'Alicante est la moins efficace pour la production du sel. Cette Soude vaut quelquefois jusqu'à quatre sols la livre chés les marchands, & ils ont, ou au moins ils ont eu, & ils auront, quand on voudra, des Soudes, dont ils ne trouvoient pas le débit, qu'ils ne vendent qu'un ou deux sols la livre; ces mauvaises Soudes sont capables de produire 9, 10, & même 12 degrés de froid au dessous de celui de la congélation, c'est-à-dire, un froid capable de faire des glaces aisé promptement.

Mais veut-on encore une matière plus simple & à meilleur marché que les Soudes les moins chères, & dont on se servira avec succès, pourvu qu'on ne soit pas pressé par le temps, & une matière qu'on peut trouver par-tout; c'est la Cendre ordinaire. On n'a qu'à prendre celle qui se trouve en toute cheminée où on a brûlé du bois neuf. Cette cendre mêlée avec la glace, à peu-près à poids égal, donne un degré de froid de 3 degrés au dessous de la congélation, un degré de froid peu inférieur à celui du Salpêtre raffiné, & peu

différent de celui de la Soude d'Alicante. Si le refroidissement qu'elle produit n'est pas bien subit, elle a au moins l'avantage de conserver pendant long-temps le degré de froid qu'elle est capable de faire naître : la matière terreuse boit l'eau qui sort de la glace qui se fond ; cette matière terreuse devient une espèce de pâte qui arrête mieux les impressions de l'air extérieur, & qui est plus difficile à échauffer que ne seroit de l'eau.

Mais si on veut absolument faire des glaces en aussi peu de temps qu'on les fait avec le sel marin, les faire avec un sel capable de produire un aussi grand degré de froid, nous trouverons encore un sel plus cher à la vérité à Paris que la Soude ordinaire, mais moins cher que le sel marin, qui méritera d'être préféré à ce dernier. Le sel dont nous voulons parler est encore une espèce de Soude ; on sçait qu'en général les Soudes sont des cendres qui sont extrêmement chargées de sel fixe. Il y a de ces espèces de cendres qui sont presque tout sel, & qui sont faites de bois ordinaires brûlés dans des espèces de fours, & avec certaines précautions que nous ne devons pas expliquer ici. Ces espèces de soudes, ou ~~de sels~~, sont appelées *des potasses* ; elles nous viennent d'Allemagne, & on en peut faire par-tout où on a trop de bois. On les vend à Paris au plus huit sols, & quelquefois six sols la livre, & on pourroit les y avoir à très-grand marché. Quelques-unes de ces potasses sont assurément préférables au sel marin pour faire promptement des glaces. J'en ai essayé qui ont produit un degré de froid de $17\frac{1}{2}$ degrés $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, un froid de $2\frac{1}{2}$ degrés $\frac{1}{2}$ plus grand que celui du sel marin. De moins bonnes que celles dont je viens de parler, m'ont encore donné un degré $\frac{1}{2}$ de froid de plus que le sel marin, $16\frac{1}{2}$ degrés $\frac{1}{2}$.

Les différences considérables qui sont entre les efficacités des différentes Soudes pour la production du froid, nous fournissent un genre d'épreuve pareil à celui dont le Salpêtre nous a donné occasion de parler, pour reconnoître les différentes qualités de ces sels.

182 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

Le sel ammoniac est celui de tous les sels à qui on a accordé le premier rang par rapport aux congélations, cependant dans un très-grand nombre d'épreuves, & dans les proportions les plus favorables de son mélange avec la glace, il ne m'a jamais produit que 13 degrés de froid, c'est-à-dire, 2 degrés de moins que le sel marin.

Le sel marin capable de faire naître 15 degrés de froid au dessous de la congélation, est le sel de table dont nous servons à Paris, celui qu'on tire des Marais salants de Brouage, & de ceux des pays voisins; mais il peut y avoir, & il y a des sels marins qui ne produiroient pas d'aussi grands effets, & il peut y en avoir, & il y en a qui en produisent de plus grands.

Le sel marin ou le sel de même nature qui se trouve au fond des chaudières dans lesquelles on raffine le Salpêtre, a pourtant fait descendre la liqueur, comme notre sel de table, à 15 degrés au dessous de la congélation. Mais du sel gemme, qui, comme on sçait, est un sel fossile de la nature du sel marin, a produit plus de froid que le sel marin de nos tables. Il a fait descendre la liqueur du Thermometre à 17 degrés, à 2 degrés plus bas que le sel marin ordinaire.

Avec des esprits, avec des liqueurs spiritueuses tirées de ces mêmes sels dont nous avons éprouvé la puissance, on parvient à faire naître de prodigieux degrés de froid. C'est sur quoi on a déjà fait de curieuses expériences, mais que nous avons eu besoin de répéter pour en déterminer les effets en degrés de notre Thermometre.

Qu'on prenne de la glace pilée très-fine, & réduite presque en neige, qu'on mette un de nos petits Thermometres dans cette glace, contenuë elle-même dans un vase de capacité proportionnée à celle du Thermometre. Qu'on prenne une quantité d'esprit de Nitre dont le poids soit environ égal à la moitié de celui de la glace, & à qui on ait eu soin de donner le degré de froid de la congélation, en le tenant pendant quelque temps au milieu de la glace. Tout étant ainsi préparé, versés l'esprit de Nitre sur la glace.

vous verrez descendre la liqueur du Thermometre avec beaucoup de vitesse, & elle ne s'arrêtera que lorsqu'elle sera à environ 19 degrés au dessous de la congélation. Voilà donc 4 degrés de froid par de-là les 15 que donne le sel marin.

On ira pourtant plus loin ; on produira un degré de froid beaucoup plus grand, si avant que de verser l'esprit de Nitre sur la glace, on a fait prendre à cette glace & à l'esprit de Nitre un plus grand degré de froid que celui de la congélation. Je les ai refroidis l'un & l'autre au point d'avoir le degré de froid de 14 degrés, en les environnant de glace mêlée avec du sel marin. Cet esprit de Nitre, déjà très-froid, versé sur de la glace très-froide, a produit un froid qui a fait descendre la liqueur du Thermometre à 23 degrés $\frac{1}{2}$.

Si on avoit refroidi la glace & l'esprit de Nitre à ce prodigieux degré de froid, c'est-à-dire, si on avoit fait prendre à la glace 22 à 23 degrés de froid, & si on avoit fait prendre le même degré de froid à l'esprit de Nitre, du mélange de cet esprit de Nitre si prodigieusement refroidi avec de la glace également refroidie, il en naîtroit une nouvelle augmentation de froid que j'ai ainsi poussée jusqu'à 25 degrés. On ne voit point le terme où le froid pourroit être porté, en versant de l'esprit de Nitre de plus froid en plus froid avec de la glace de plus froide en plus froide. C'est pourtant une progression qui va en décroissant, & même en décroissant assez vite.

L'efficacité du sel marin étant si supérieure, par rapport à la production du froid, à celle du Salpêtre, il sembloit qu'on devoit attendre que l'esprit de Sel employé avec les mêmes précautions que l'esprit de Nitre, feroit naître un degré de froid beaucoup plus considérable. Mais plus on fait d'expériences, plus nous avons de preuves que nous ne devons pas trop nous fier aux premières apparences. L'esprit de Sel a produit un peu moins de froid que l'esprit de Nitre n'en avoit produit, trois quarts de degré de moins.

S'il est singulier que l'esprit de Sel ne soit pas capable de produire un plus grand degré de froid que celui que l'esprit

de Nitre peut produire, il doit le paroître bien davantage qu'une liqueur inflammable, qu'une liqueur que nous regardons comme tout feu, que l'esprit de Vin en un mot soit propre à produire un degré de froid à peu-près égal à celui que font naître les esprits acides les plus violents. Les Physiciens savent pourtant que l'esprit de Vin versé sur de la glace, produit sur le champ un refroidissement qui est supérieur à celui de sels assés efficaces. Mais, pour mieux connoître tout ce que peut l'esprit de Vin pour la production du froid, je lui ai fait prendre à lui-même 19 degrés de froid, en environnant la bouteille, dans laquelle il étoit, de glace refroidie à ce point. Je l'ai versé sur de la glace refroidie au même degré; la liqueur du Thermometre qui étoit dans cette glace, est descendue à 21 degrés $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, qu'il ne s'en est fallu que 2 degrés que le froid produit par l'esprit de Vin n'ait été égal à celui qui est produit par l'esprit de Nitre dans les mêmes circonstances.

Nous nous sommes fait une loi de ne nous point arrêter à donner des explications qui pourroient paroître incertaines, dans un Mémoire où nous ne pourrions même rapporter qu'une petite partie des faits que nos expériences nous ont fournis. Les explications que nous pourrions donner, devant être tirées des faits, le détail des faits doit les précéder. Un fait que nous pouvons prendre pour certain, c'est que si on mêle une matière quelconque avec la glace, ce mélange ne produit de froid qu'autant qu'il occasionne la fonte de la glace. C'est un principe que M. de Mairan n'a pas manqué de saisir dans son Traité de la Glace, & dont il a bien sçu faire usage. Dans la vûe de démontrer la vérité de ce principe, j'ai fait une expérience dont le succès eût surpris ceux à qui ce principe n'eût pas été connu. J'ai fait prendre à de la glace bien pilée 12 degrés de froid; j'ai jeté sur cette glace du sel marin froid lui-même de 12 degrés. La glace & le sel froids à ce point étoient très-secs l'un & l'autre; le sel devoit toucher la glace, être mêlé avec elle sans

sans la fondre. Je les ai mêlés ensemble avec un instrument très-froid; il ne s'est fait aucune fusion, aussi ne s'est-il fait aucune nouvelle production de froid. La liqueur du Thermometre qui auroit dû descendre à 15 degrés par l'effet du mélange du sel & de la glace, a resté à 12 degrés, c'est-à-dire, au degré qu'avoient la glace & le sel avant que d'être mêlés.

J'ai pourtant cru qu'avec de la glace & du sel refroidis on pouvoit produire des degrés de froid plus grands que ceux qu'ils donnent lorsqu'on les mêle ensemble, n'ayant chacun que le froid de la congélation, ou un froid moindre. J'ai mêlé ensemble de la glace & du sel marin qui avoient chacun 14 degrés de froid; la liqueur du Thermometre est restée à ce terme. Pendant qu'elle y paroïssoit fixe, j'ai versé sur la glace, de l'eau chargée de sel marin, & froide de 8 à 9 degrés. Le but que je me proposois est aisé à voir, je voulois mettre le sel marin concret & la glace en état de fondre. La glace & le sel se sont aussi fondus, & sur le champ le froid des matières qui se fondoient a augmenté. Non seulement la liqueur du Thermometre a descendu à 15 degrés, terme ordinaire du froid de la glace & du sel marin, elle est descenduë 2 degrés $\frac{1}{2}$ plus bas, à 17 $\frac{1}{2}$. D'où il suit qu'au moyen de cet expédient, on pourroit avec de la glace & du sel refroidis de plus en plus, produire des degrés de froid de plus grands en plus grands. Cette manière de faire usage des sels, & les combinaisons que j'ai tenté de faire de différents sels les uns avec les autres, m'ont déjà appris qu'avec des sels concrets on peut produire des degrés de froid presque aussi considérables que les plus grands qui ayent été produits avec les plus forts esprits acides. Avec du salpêtre, du sel marin & du sel ammoniac refroidis, mêlés successivement avec la glace, en doses convenables, j'ai fait naître un degré de froid de 22 degrés. Partant de-là pour faire usage des esprits acides, quel froid ne produiroit-on pas!

La meilleure & la plus précise manière de mesurer les degrés du froid, est assurément par les degrés de condensation qu'il produit dans la liqueur du Thermometre; il en est

186 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

encore une autre qui a quelque chose de moins exact, mais de plus satisfaisant, c'est celle qui nous détermine leur puissance pour geler, pour faire prendre de la solidité à des liqueurs. L'eau est gelée par un degré de froid que nous prenons pour le terme d'où nous commençons à compter les degrés qui vont en augmentant. Il y a des liqueurs qui conservent leur fluidité, quoiqu'on leur fasse prendre les plus grands degrés de froid que nous ayons produits ; tel est heureusement l'esprit de Vin de nos Thermometres. Si on l'affoiblit en le mêlant avec de l'eau, on donne plus de prise au froid pour le fixer, pour le rendre solide. Dans mes différentes épreuves j'ai mis dans le mélange de glace & de sel de petits tubes de verre remplis chacun d'esprit de Vin affoibli en différentes proportions. Tout ce qu'a pu faire le froid de 23 degrés $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, ce prodigieux froid qui naît de l'esprit de Nitre refroidi, versé sur la glace refroidie, a été de faire geler l'esprit de Vin, tel que celui de nos Thermometres, mêlé en parties égales avec l'eau. Un mélange de trois parties du même esprit de Vin & de deux parties d'eau a conservé sa fluidité au milieu de ce grand froid. Mais ce mélange de trois parties d'esprit de Vin & de deux parties d'eau a été converti en glace par un degré de froid de 25 degrés, que j'ai produit en versant de l'esprit de Nitre très-refroidi sur de la glace très-refroidie.

Le froid de 15 degrés, celui que produit le sel marin, ne peut geler qu'un mélange fait d'une partie d'esprit de Vin & de trois parties d'eau.

Nous ne sommes pas surpris que les liqueurs inflammables, telles que l'esprit de Vin, & peut-être ne le devons-nous pas être encore, que les puissants esprits acides, que les eaux mêmes chargées de beaucoup de sels conservent leur liquidité contre des froids excessifs. Mais la Nature sçait composer des liqueurs qui ne sont nullement inflammables, qui n'ont pas d'acidité sensible pour nous, & qui cependant sont en état de résister à de très-grands froids. Je veux parler de l'espece de sang qui circule dans des Insectes de tant

d'especes ; par sa couleur, par son goût, nos sens grossiers le jugeroient de l'eau, ou au moins une liqueur extrêmement aqueuse. Les canaux dans lesquels il circule, nous conduisent, à la vérité, à en prendre une autre idée. Il m'a paru curieux de sçavoir quels degrés de froid étoient capables de soutenir les liqueurs des Insectes sans se geler. S'il est un état de mort, c'est assurément celui où toutes les liqueurs sont gelées, où tout leur mouvement, même leur mouvement intestin, est arrêté. Quand l'hyver nous fait sentir un froid que nous trouvons trop rude, ce seroit une espece de consolation de sçavoir qu'il nous délivre de certaines especes d'Insectes ; qu'il fait périr telle espece de Chenilles qui pendant l'été auroit dépouillé les arbres de nos jardins de leurs feuilles ; qu'il en fait périr une autre qui auroit ravagé les choux ou d'autres légumes. J'ai mis dans des tubes de verre des Chenilles de différentes especes & d'autres insectes, & cela pendant l'hyver, & au commencement du printemps. J'ai placé ce tube de verre dans un mélange de glace & de sel propre à faire naître un grand degré de froid, qu'un Thermometre placé dans la même liqueur me faisoit connoître. Je réserve le détail de ces expériences pour un autre ouvrage, pour l'histoire des Insectes où il doit se trouver ; je me contenterai d'en donner ici quelques résultats. Huit degrés de froid au-dessous de la congélation ont été nécessaires, mais ils ont suffi pour geler parfaitement des Chenilles de quelques especes. Ces 8 degrés de froid les ont renduës roides, & aussi dures que la plus dure glace, on ne pouvoit les couper que comme on coupe une pierre tendre ; aussi toutes ces Chenilles étoient-elles bien mortes, & ne se sont jamais donné de mouvement depuis.

J'ai exposé au même degré de froid, & ensuite à de plus grands degrés de froid, des Chenilles qui, quoiqu'elles dûssent devenir d'une grandeur médiocre, c'est-à-dire, longues de plus d'un pouce, & grosses à proportion, n'avoient que deux ou trois lignes de longueur, & n'étoient guere plus grosses que de grosses épingles. Si jeunes, & par

conséquent si délicates, elles ne sembloient pas être en état de résister à un froid bien rude ; il y en a pourtant eu à qui j'ai fait soutenir un froid de plus de 17 degrés, plus grand de près de 3 degrés que celui de l'année 1709. Quand je les ai eu retirées de l'endroit où regnoit un si furieux froid, elles sembloient mortes, mais elles ne l'étoient pas ; leur corps avoit sa première souplesse, il cédoit sous le doigt, il se laissoit plier. Enfin ces Chenilles réchauffées peu-à-peu, c'est-à-dire, d'abord dans de la glace ordinaire, ont commencé à se mouvoir, & ont paru aussi vigoureuses qu'elles l'étoient avant que d'avoir été mises à une si rude épreuve.

Le sang & les principales liqueurs qui se trouvent dans le corps de ces insectes, toutes aqueuses qu'elles nous semblent, sont donc d'une nature à soutenir un froid excessif sans se geler. Je vois bien qu'on peut soupçonner que ce que j'ai attribué à la nature de leurs liqueurs, a peut-être pour cause la chaleur qui regne dans l'intérieur de l'insecte, & la rapidité avec laquelle les liqueurs y circulent. Quoiqu'après une diète de trois à quatre mois qu'avoient faite les Chenilles dont je parle, la vitesse de la circulation dût être bien affoiblie, & la chaleur intérieure bien diminuée, j'ai pourtant craint que les deux causes dont je viens de parler, ne produisissent l'effet que j'attribuois à la qualité de leurs liqueurs. Le doute étoit aisé à lever par une expérience. J'ai tué plusieurs de ces Chenilles, & bien mortes, je les ai mises dans le tube de verre que j'ai tenu pendant un temps suffisant au milieu du mélange qui produit un froid de 17 degrés ; quand je les en ai eu retirées, j'ai vu que leurs corps étoient aussi souples que l'étoient, après la même épreuve, ceux des Chenilles qui l'avoient soutenue vivantes. Les liqueurs du corps des mortes n'avoient donc été aucunement gelées par un si grand froid ; ce n'est donc ni la chaleur intérieure de leur corps, ni le mouvement rapide de leurs liqueurs qui empêche ces liqueurs de se geler.

Nous ne pouvons donc pas espérer que les plus grands froids de notre climat nous délivrent, ni même qu'ils diminuent le nombre des Chenilles de l'espece dont je viens de

parler, & malheureusement c'est celle qui fait le plus de ravage; dans certaines années, le nombre de ses individus égale peut-être en France celui des individus d'un millier d'autres especes, aussi avons-nous nommé cette especes *la Commune*. C'est celle qui passe l'hyver dans des nids de toiles qui paroissent sur les arbres, mieux qu'en tout autre temps, lorsque leurs feuilles sont tombées.

Il n'est pas sûr même que l'hyver nous délivre des especes de Chenilles dont les liqueurs sont gelées par 7 à 8 degrés de froid, lorsque le froid de l'air devient plus considérable. Le grand Maître qui a fait les Chenilles, a plus songé à les constituer comme elles le devoient être, qu'à les constituer comme nous voudrions qu'elles le fussent. Quantité d'especes passent l'hyver sous la forme de crisalides. Il y a de ces crisalides qui, pendant cette rude saison, sont attachées contre des murs, contre des entablements d'édifices, contre des branches d'arbres; qui y sont nuës, c'est-à-dire, qui ne sont point couvertes d'une coque de soye. J'ai fait souffrir à de pareilles crisalides de très-grands degrés de froid, sans que leurs liqueurs se soient gelées, sans qu'elles ayent paru en souffrir. D'autres crisalides au contraire ont été durcies par un froid de 7 à 8 degrés, & elles ont péri; mais ces dernières étoient des crisalides venues de Chenilles qui étoient entrées en terre, qui s'y étoient construit des coques dans lesquelles elles s'étoient métamorphosées. Ainsi les insectes qui restent exposés à de grands degrés de froid sont ceux qui les peuvent braver. Ceux qui sont plus sensibles aux impressions du froid, agissent comme s'ils prévoyaient celui qui doit regner pendant l'hyver sur la surface de la terre, & auquel ils ne sçauroient résister; je dis qu'ils agissent comme s'ils le prévoyaient, parce que ce ne sont pas les approches de l'hyver, le froid actuel qui détermine les Chenilles à entrer en terre, il y a des Chenilles qui s'y enfoncent dans les mois de Juillet & d'Août, & d'autres même dès le commencement du printemps. Peu après y être entrées, elles s'y transforment en crisalides, & y restent quelquefois des neuf à dix mois, &

1190 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE
même près d'une année. Ce n'est que l'année suivante que
l'insecte sort de terre sous la forme de Papillon.

Au reste le sang des grands animaux, celui des oiseaux,
celui des quadrupèdes & le nôtre même non seulement se
coagulent aisément, mais ils sont bien plus aisés à geler que
celui des insectes. Le sang d'un Pigeon qu'on a fait couler
tout chaud dans un tube, a été réduit en glace très-dure
par 7 à 8 degrés de froid, & eût pû être gelé par un moindre
froid. Le sang d'un Agneau a soutenu, sans se geler, 3 degrés
de froid, mais 5 degrés l'ont rendu de la glace. Les grands
animaux ont dans leurs corps une chaleur & un principe
de chaleur qui ne se trouvent pas dans ceux des insectes.
Les grands animaux n'avoient donc pas besoin d'avoir un
sang qui gelât aussi difficilement que gele celui des insectes.

Pour avoir des Thermometres dont la marche soit la
même, dont les degrés soient exactement comparables, ils
doivent être remplis d'une même liqueur, d'un esprit de Vin
également dilatable, aussi la difficulté qui nous a arrêté le
plus, a été de trouver un moyen de nous assurer de la
dilatabilité de l'esprit de Vin. Pour y parvenir, nous avons
cherché combien différents esprits de Vin condensés par le
froid de la congélation artificielle de l'eau qui commence
à se geler, pourroient être dilatés par le plus grand degré de
chaleur que l'esprit de Vin puisse prendre sans bouillir. Lors-
que nous avons enseigné la manière de faire cette épreuve,
nous avons averti qu'elle est extrêmement délicate, qu'elle
demandoit à être faite par quelqu'un qui y apportât toute
son attention, & même qui s'y fût exercé plus d'une fois.
Il y a à craindre, lorsqu'on chauffe un peu trop brusquement
l'eau, de faire bouillir l'esprit de Vin avant que de lui avoir
fait prendre tout le degré de chaleur qu'il peut prendre sans
bouillir, lorsqu'il est échauffé plus doucement. Quand
l'épreuve est bien faite, l'esprit de Vin le plus rectifié se
dilate davantage que celui qui l'est moins. Tel esprit de Vin,
dont le volume condensé par la congélation de l'eau est à
1000, a un volume de 1090, lorsqu'il est dilaté par le

plus grand degré de chaleur qu'il puisse prendre sans bouillir. Dans le même cas le volume d'un autre esprit de Vin plus foible sera de 1085; & nous avons choisi pour nos Thermometres l'esprit de Vin, dont le volume condensé par la congélation étant 1000, devient 1080 rarefié par le plus grand degré de chaleur qu'il puisse prendre sans bouillir.

Si le même degré de chaleur rarefie davantage l'esprit de Vin le plus rectifié, le même degré de froid condense davantage cet esprit de Vin qu'il n'en condense un plus foible. Au lieu de caractériser l'esprit de Vin par son degré de dilatibilité, nous pouvons donc le caractériser par son degré de *condensabilité*. On a deux esprits de Vin différents dont le volume est réduit à 1000 par le degré de froid de la congélation de l'eau; si on met des boules de Thermometres faits de ces différents esprits de Vin, dans un mélange convenable de sel & de glace, l'esprit de Vin le plus foible ne descendra pas aussi bas dans son tube que l'esprit de Vin le plus fort descendra dans le sien. Nous avons vû, par exemple, que l'esprit de Vin ordinaire de nos Thermometres, l'esprit de Vin dont nous les remplissons, est descendu à 15 degrés dans un mélange de sel & de glace fait dans les rapports de 1 à 2 & de 2 à 5. J'ai mis dans un autre Thermometre un esprit de Vin rectifié, de celui que je fais affoiblir en le mêlant avec l'eau, avant que d'en remplir les Thermometres, cet esprit de Vin a descendu à 17 degrés $\frac{1}{3}$, la boule du Thermometre ayant été mise dans un pareil mélange de sel & de glace. Ainsi le rapport de condensabilité de ces deux esprits de Vin est comme 15 à 17 $\frac{1}{3}$. La dilatibilité de ces deux esprits de Vin, prise au-dessus de la congélation, étoit comme 80 à 90, comme 8 à 9, & leur condensabilité comme 15 à 17 $\frac{1}{3}$, ce qui ne donne pas un rapport aussi différent qu'on auroit pû l'attendre.

La commodité de ce genre d'épreuve, c'est qu'elle ne demande d'autre attention que celle de bien mêler le sel & la glace; on n'a point de bouillonnements à craindre; elle peut être aisément répétée. Si les résultats des différents essais

sont les mêmes, ou varient peu, on est sûr d'avoir bien opéré. A la vérité on n'a pas une aussi grande suite de degrés de condensabilité que celle des degrés de dilatabilité, mais ce désavantage est plus que compensé par le peu d'inconvénients auxquels cette épreuve expose. Il est très-aisé de la faire avec précision. On pourroit même prendre une assez grande suite des degrés de condensabilité, si au lieu de faire l'épreuve à un froid de 15 degrés au dessous de la congélation dans notre Thermometre ordinaire, on la faisoit à un froid de 22 à 23 degrés.

Mais, pour revenir aux expériences par le moyen desquelles nous produisons des augmentations de froid, il est clair que la matière qu'on mêle avec la glace y doit être mêlée en une certaine proportion & avec certaines précautions. Des regles générales seront aisées à déterminer, si on se rappelle l'expérience qui a prouvé incontestablement que le refroidissement ne se fait qu'à l'occasion de la fonte de la glace; elle apprend, cette expérience, qu'il faut employer la quantité, soit de matière solide, soit de liquide, nécessaire pour fondre la glace, & qu'il ne faut en employer que cette quantité. Si on n'emploie pas le sel marin, par exemple, en quantité suffisante, le degré de froid qui sera produit ne sera pas aussi considérable qu'il peut l'être. Si on mêle au contraire le sel marin en trop grande proportion avec la glace, il en arrivera encore que l'on n'aura pas un aussi grand degré de froid qu'on auroit eu, si on l'eût employé dans une moindre dose. Ce n'est pas seulement la glace qui doit se fondre, le sel doit se fondre en même temps; c'est la liqueur qui vient de la glace & du sel fondu qui a un plus grand degré de froid que la glace. Le sel & la glace qui ne sont pas fondus, sont moins froids que la liqueur composée de glace nouvellement fonduë & de sel; d'où il suit que le sel excédent qui a été employé, ne sert qu'à réchauffer les parties qui se fondent & qui se mêlent par la fusion.

Deux expériences, dans l'une desquelles le sel marin a été employé en trop petite quantité, & dans l'autre desquelles

ce sel a été mis en trop grande quantité, donneront les preuves de ce que nous venons d'avancer. La plus petite dose dans laquelle j'ai employé le sel marin, a été d'une seule partie de ce sel contre dix de glace. Il n'a pas laissé de résulter de ce mélange un froid considérable, il a été de 8 degrés $\frac{3}{4}$, moindre pourtant de 6 degrés $\frac{1}{4}$ que celui qui eût été produit par la combinaison la plus avantageuse. Dans une autre expérience, j'ai mêlé le sel avec la glace en parties à peu-près égales, huit parties de sel avec neuf de glace; le froid qui a été produit, n'a été que 13 degrés $\frac{1}{2}$, moindre par conséquent d'un degré $\frac{1}{2}$ que celui qui eût été donné par la proportion la plus favorable.

La proportion la plus efficace du mélange d'un sel avec l'eau seroit aisée à déterminer, si le sel pouvoit être mêlé par des parties indéfiniment petites avec la glace prodigieusement divisée; la quantité de sel seroit alors à peu-près égale ou peu supérieure à la quantité de ce sel que l'eau peut tenir en dissolution. Mais comme le sel est toujours employé en gros grains, que la glace même, fût-elle prise en neige, est toujours en gros molécules, pour que la glace soit le plus touchée qu'il est possible par le sel, pour que la fusion soit opérée le plus promptement qu'il est possible, la quantité du sel qui doit être employée, doit surpasser celle que cette eau tiendrait en dissolution. Ainsi, quoique l'eau ne puisse tenir qu'un peu plus du tiers de son poids de sel marin dissous, j'ai trouvé qu'il falloit mêler une partie de sel marin en grains avec deux parties de glace. Il y a même sur tout cela des limites d'une assez grande étendue; deux parties de sel mêlées avec trois parties de glace, ont produit le même effet qu'une partie de sel mêlée avec deux parties de glace.

Mais au moins résulte-t-il de ces observations, que pour produire les plus grands degrés de froid possibles avec différents sels, on emploiera en moindres doses que le sel marin les sels dont l'eau ne peut pas tenir en dissolution une aussi grande quantité que celle qu'elle tient de ce sel; & qu'on emploiera au contraire en plus grande proportion les sels

194 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE
dont l'eau peut dissoudre davantage que de sel marin.

Enfin, on voit qu'il faut faire le mélange de la glace & du sel le plus parfaitement & le plus promptement qu'il est possible, pour produire le plus grand degré de froid possible. Plus le froid tarde à naître, & moins il est grand, parce que la chaleur des matières extérieures a plus le temps d'agir avec succès contre le mélange. La meilleure manière de mêler ensemble la glace & le sel, m'a paru être de les poser l'une & l'autre par couches autour du vase qu'on veut refroidir, & de remuer ensuite le tout avec quelque instrument de fer bien refroidi. La pratique de quelques faiseurs de glace est de mêler la glace & le sel ensemble dans un grand vase, d'où ils la tirent bientôt pour la mettre dans un vase plus petit où est celui qui contient la liqueur qu'ils veulent geler; mais il est évident que ce procédé fait perdre une partie du froid. Pendant qu'on mêle la glace avec le sel, il s'élève une fumée très-épaisse, semblable à celle d'un feu qu'on vient d'éteindre, la vapeur qui ne peut s'élever que très-lentement dans un air très-froid, s'y rassemble sous la forme de fumée.

Quoiqu'il semblât que plus le sel seroit pulvérisé & réduit en grains fins, & plus son effet seroit prompt, j'ai pourtant observé qu'on réussissoit souvent moins bien en employant le sel marin, par exemple, extrêmement pulvérisé, qu'en l'employant après avoir simplement écrasé les grains, ou en leur laissant même toute leur grosseur. Ce n'est pas qu'il ne soit certain que le meilleur des procédés est celui de mêler la glace & le sel par les plus petites parties qu'il est possible, mais il arrive que lorsqu'on a jeté du sel en poudre très-fine, il se trouve bientôt dans la glace par masses plus grosses que celles des grains écrasés, ou dans leur entier, l'humidité lie ensemble des amas de ces petits grains.

Moins de circonstances s'opposent à ce que l'esprit de Vin, les esprits acides, & généralement tous les liquides propres à faire naître du froid, en produisent les plus grands degrés qu'ils sont capables de produire. Ils se mêlent bien plus

parfaitement avec la glace, ils la touchent & l'attaquent dans un instant de toutes parts.

Une remarque que nous avons faite, c'est que pour produire de nouveaux degrés de froid, il faut que de la glace fonduë & de la matière soit solide, soit liquide, qui a été employée, il se fasse un nouveau liquide. De-là naît une règle pour connoître les liqueurs, qui mêlées avec la glace, sont incapables d'y produire du froid. Toutes les liqueurs huileuses qui ne peuvent pas se mêler avec l'eau, seront employées sans succès. Aussi ai-je éprouvé que des huiles grossières, telles que l'huile de Lin, ou des huiles plus subtiles, comme l'huile & l'esprit de Térébenthine, seront jetées inutilement sur la glace; elles la peuvent fondre, mais elles ne peuvent se mêler avec l'eau qui naît de la fusion, & par-là elles sont incapables de produire des degrés de froid. Il en est de même de toute matière, soit grasse, soit terreuse, de forme solide qui ne pourra être tenue en une parfaite dissolution par l'eau, qui ne forme pas avec elle un nouveau fluide. J'ai inutilement fait mêler de la glace avec de la graisse, & avec des matières terreuses qui contiennent peu de sels dont l'eau puisse se saisir, telle que la Craie; il ne s'en est suivi aucun refroidissement.



Expériences sur les différents degrés de froid qu'on peut produire en mêlant de la glace avec différents sels ou avec d'autres matières soit solides soit liquides et de divers usages utiles auxquels ces expériences peuvent servir - M. DE RÉAUMUR
Académie royale des sciences - Année 1734

CHIMIE, PHYSIQUE
DE RÉAUMUR, DE LA HIRE
