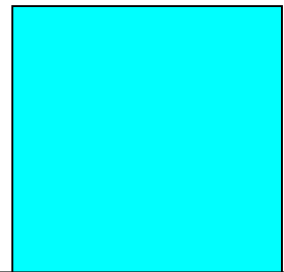


**KROHNE**

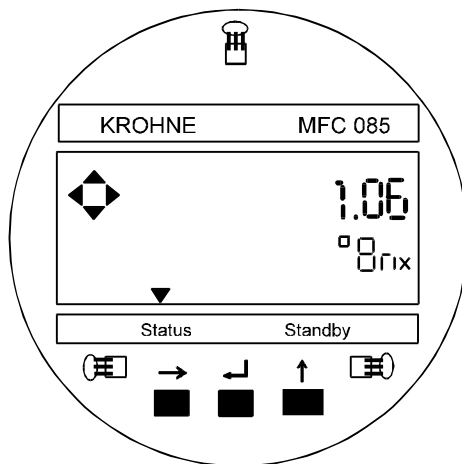


**CORIMASS**

**Notice d'utilisation**

**MFC 081 / 085**

## Mesure de concentration



|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introduction</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. Définitions</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Concentration en volume ( $C_V$ )   | 4         |
| 2.2 Concentration en masse ( $C_M$ )  | 4         |
| 2.3 Brix  | 4         |
| 2.4 Baumé   | 4         |
| 2.5 Poids spécifique  | 5         |
| <b>3. Programmation du convertisseur de mesure</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1 Versions de menus pour les concentrations   | 5         |
| 3.2 Affichage de concentration et du débit de la substance dissoute                             | 6         |
| 3.3 Valeurs de concentration disponibles à la sortie  | 7         |
| <b>4. Concentration générale</b>  | <b>9</b>  |
| 4.1 Mélanges de deux produits non miscibles et incompressibles                                  | 9         |
| 4.2 Concentration de liquides miscibles   | 10        |
| 4.3 Détermination des paramètres pour la concentration générale                                 | 11        |
| 4.4 Entrée des paramètres dans le convertisseur de mesure                                       | 14        |
| <b>5. Considérations pratiques sur la mesure de concentration</b>                               | <b>15</b> |
| 5.1 Précision du calcul de concentration  | 15        |
| 5.2 Mesures en Brix   | 16        |
| 5.3 Concentration en NaOH   | 17        |
| <b>Annexe 1 Tableau des valeurs Brix en fonction de la masse volumique et de la température</b> | <b>18</b> |
| <b>Annexe 2 Masse volumique de l'eau en fonction de la température</b>                          | <b>25</b> |

## 1. Introduction

Les versions standard de nos débitmètres massiques MFC 081 et 085 sont conçues pour la mesure directe du débit massique total, de la masse totale, de la masse volumique et de la température du liquide qui traverse le tube de mesure. Les valeurs mesurées pour le débit massique et la masse volumique permettent de déterminer indirectement le débit-volume et le volume total.

Si le produit à mesurer est un mélange de deux substances aux valeurs connues, la masse volumique mesurée permet de déterminer le rapport de leur mélange. Cependant, si les deux substances ont une masse volumique identique (ou similaire), celle du mélange n'en diffèrera pas, quel que soit le rapport des deux substances dans le mélange. Dans un tel cas, la concentration ne pourra pas être déterminée à partir de la masse volumique. Par contre, plus la masse volumique de l'une des substances diffère de celle de l'autre, plus il sera possible de déterminer avec précision leur rapport de mélange.

Nos convertisseurs de mesure MFC081 et 085 peuvent être équipés d'un logiciel étendu pour la mesure de concentration de différents mélanges de matières solides/dissoutes. De tels mélanges sont par exemple:

- des suspensions (mélanges solides-liquide) ou boues
- des émulsions huile-eau
- des matières solides dissoutes dans l'eau ou d'autres solvants

Aucune équation de concentration n'est applicable à chaque cas individuel en raison des différentes propriétés physiques et chimiques de tels mélanges. Le logiciel servant à déterminer la concentration est donc disponible en cinq versions différentes.

### **Concentration générale**

Cette version offre un algorithme librement programmable pour les mélanges de deux substances non miscibles (émulsions huile-eau ou boues de solides/liquide). Cet algorithme convient aussi à la plupart des autres mélanges mais n'autorise éventuellement une mesure précise qu'au sein d'une échelle limitée.

### **Brix**

Concentration de **saccharose en eau pure**, mesurée en °BRIX

### **Baumé Rational**

#### **Baumé Commercial**

Concentration de **saccharose en eau pure**, mesurée en °BAUMÉ. Deux versions sont disponibles pour cette échelle: COMMERCIAL, utilisé plutôt aux USA, et RATIONAL pour l'Europe.

### **SOUDE CAUSTIQUE, CONCENTRATION en NaOH**

Concentration aqueuse d'hydroxyde de sodium (NaOH), solutions.

Ces différentes versions de logiciel permettent de mesurer la concentration en °Brix, °Baumé ou en pourcentage de masse. Elle permettent de même de mesurer le débit de la substance dissoute et donc à afficher le débit-masse de la matière solide/dissoute. La mesure de concentration générale offre aussi l'affichage de la concentration en volume.

### **Remarque:**

Les mesures de concentration ne peuvent pas être meilleures que la mesure de masse volumique dont elle sont dérivées. Les meilleurs résultats s'obtiennent lorsque la température du process est stable. Il convient donc de réaliser le calibrage de l'appareil sur la masse volumique à la température requise. Eviter des variations de température subites.

## 2. Définitions

### 2.1 Concentration en volume ( $C_V$ )

Un mélange de volume total  $V_T$  contient une partie de solides de volume  $V_S$ . La concentration en volume  $C_V$  de cette partie est de:

$$C_V = \frac{V_S}{V_T} \times 100\%$$

Remarque:  $V_S$ ,  $V_T$  et donc aussi  $C_V$  varient en fonction de la température.

### 2.2 Concentration en masse ( $C_M$ )

Un mélange ou une solution de masse totale  $M_T$  contient une partie de solides de masse  $M_S$ . La concentration en masse  $C_M$  de cette partie est de:

$$C_M = \frac{M_S}{M_T} \times 100\%$$

Les masses  $M_S$ ,  $M_T$  et donc aussi  $C_M$  ne varient **pas** en fonction de la température.

### 2.3 Brix

L'unité Brix indique la **concentration massique** de saccharose en eau pure. Une solution de 10% a une valeur de 10°Brix. La valeur Brix d'une solution ne varie **pas** avec la température. Si une solution de 100 g contient 10 g de saccharose, elle contiendra toujours ces 10 g, que la température soit de 10, 20 ou de 30°C.

Procéder comme suit pour mesurer en Brix:

Concentration de saccharose  $C_{BX}$  °Brix

Débit-masse de saccharose ou débit en Brix

$C_{BX}$  est décrit par:

$$C_{BX} = \frac{M_{SACCHAROSE}}{M_{SACCHAROSE} + M_{EAU}} * 100$$

avec:

$M_{SACCHAROSE}$  = masse du saccharose

$M_{EAU}$  = masse de l'eau

Le taux Brix (débit-masse du saccharose) est exprimé comme suit:

$$TAUX\ BRIX = \frac{C_{BY}}{100} * \dot{m}$$

donc:  $\dot{m}$  = débit-masse de l'ensemble de la solution

### 2.4 Baumé

La concentration de saccharose dans l'eau peut aussi être mesurée à l'aide de l'échelle Baumé. Elle se base sur le poids volumique de solutions de saccharose  $d_{15}^{15}$  par rapport à l'eau à 15°C et mesurées à 15°C. La concentration est définie par l'équation suivante:

$$Conc. = K_B \left( 1 - \frac{1}{d_{15}^{15}} \right) °Be$$

Deux différentes échelles de Baumé sont disponibles:

Baumé Commercial (USA)  $K_B = 145.0$

Baumé Rational  $K_B = 144.3$

## 2.5 Poids spécifique $d_Y^X$

Ceci est la masse volumique d'un produit mesuré à X°C et mis en rapport avec la masse volumique de l'eau à Y°C.

Exemple:

à 20°C, l'eau a une masse volumique de 0.9982 g/cm<sup>3</sup>.

à 4°C, l'eau a une masse volumique de 0.99997 g/cm<sup>3</sup>.

à 20°C, une solution à 10% de saccharose a une masse volumique de 1.0381 g/cm<sup>3</sup>.

Cela donne pour la solution de saccharose:

$$d_{20}^{20} = \frac{1.0381}{0.9982} = 1.03997$$

$$d_4^{20} = \frac{1.0381}{0.99997} = 1.03813$$

## 3. Programmation du convertisseur de mesure

### 3.1 Versions de menus pour les concentrations

Le tableau 3.1.1 suivant montre comment les menus pour les convertisseurs de mesure MFC081 / 085 varient en fonction du choix de l'échelle de concentration. La différence principale par rapport au logiciel standard réside au niveau des menus Fct. 1.2 et 3.2. Ces fonctions permettent d'appeler la valeur mesurée sur l'affichage dans l'unité requise. Dans le cas de la concentration générale, les fonctions 3.10.1 à 3.10.7 permettent d'entrer des valeurs spécifiques au produit.

**Tableau 3.1.1**

Menus de concentration disponibles

| Sous-menu            | Types de concentrations |                |                |                 |                |
|----------------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                      | Sans                    | Brix           | Baumé          | Conc. gén.      | NaOH           |
| Fct. 1.2.9 / 3.2.9   | non disponible          | Taux Brix      | Débit solides  | Débit solides   | Débit solides  |
| Fct. 1.2.10 / 3.2.10 | non disponible          | Brix           | Baumé          | Conc. en masse  | Conc. en masse |
| Fct. 1.2.11 / 3.2.11 | non disponible          | non disponible | non disponible | Conc. en volume | non disponible |
| Fct. 3.10.0          | non disponible          | non disponible | non disponible | Mesure de conc. | non disponible |
| Fct. 3.10.1          | non disponible          | non disponible | non disponible | Soluté R20      | non disponible |
| Fct. 3.10.2          | non disponible          | non disponible | non disponible | Soluté K1       | non disponible |
| Fct. 3.10.3          | non disponible          | non disponible | non disponible | Soluté K2       | non disponible |
| Fct. 3.10.4          | non disponible          | non disponible | non disponible | Liquide         | non disponible |
| Fct. 3.10.5          | non disponible          | non disponible | non disponible | Liquide R20*    | non disponible |
| Fct. 3.10.6          | non disponible          | non disponible | non disponible | Liquide K1*     | non disponible |
| Fct. 3.10.7          | non disponible          | non disponible | non disponible | Liquide K2*     | non disponible |

\* Disponible uniquement si la Fct. 3.10.4 a été sélectionnée pour liquide non eau

### 3.2 Affichage de concentration et du débit de la substance dissoute

Le tableau 3.2 indique les types d'affichage disponibles sur le convertisseur de mesure pour les concentrations. Tous les affichages représentent les concentrations en masse (en °Brix, °Baumé ou pourcentage) et le débit des solides. En cas de sélection de la concentration générale, l'affichage indique aussi le volume en pourcentage.

La programmation pour ces affichages est en principe toujours la même. Se reporter aussi à la notice d'utilisation standard. L'exemple suivant porte sur NaOH, à partir du mode mesure:

| Touche | Ligne 1       | Ligne 2       | Remarque   |
|--------|---------------|---------------|--|
| →↑↑    | Fct. 3.(0)    | PROGRAMM.     |  |
| →↑     | Fct. 3.(2).0  | AFFICHAGE     |  |
| →↑x8   | Fct. 3.2.(9)  | DEBIT.SOLID.  |  |
| →      |               | (INACTIF)     | Affichage INACTIF  |
| ↑      | 00000.000     | (g)/min       | Affichage ACTIF. Utiliser la touche ↑ pour sélectionner l'unité de masse |
| ↑      | 00000.000     | (kg)/min      |  |
| →      | 00000.000     | kg/(min)      | Utiliser la touche ↑ pour sélectionner l'unité de temps                  |
| →      | 00000(.)000   | kg/min        | La touche ↑ décale le point décimal                                      |
| ↑      | 000000(.)00   | kg/min        |  |
| ↵      | Fct. 3.2.(9)  | DEBIT.SOLID.  |  |
| ↑      | Fct. 3.2.(10) | CONC.EN.MAS.  |  |
| →      |               | (INACTIF)     | Affichage INACTIF  |
| ↑      | 000000.00     | (POURCENT M.) | Affichage ACTIF  |
| ↵      | Fct. 3.2.(10) | CONC.EN.MAS.  |  |
| ↵x4    |               |               | Quitter le menu et mémoriser les modifications                           |

**Tableau 3.2.1** Choix des affichages de concentration

| Types de concentrations |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Sans                    | Brix                   | Baumé                  | Conc. gén.             | NaOH                   |
| <b>Débit-masse</b>      | <b>Débit-masse</b>     | <b>Débit-masse</b>     | <b>Débit-masse</b>     | <b>Débit-masse</b>     |
| <b>Compt.masse</b>      | <b>Compt.masse</b>     | <b>Compt.masse</b>     | <b>Compt.masse</b>     | <b>Compt.masse</b>     |
| <b>Masse volumique</b>  | <b>Masse volumique</b> | <b>Masse volumique</b> | <b>Masse volumique</b> | <b>Masse volumique</b> |
| <b>Température</b>      | <b>Température</b>     | <b>Température</b>     | <b>Température</b>     | <b>Température</b>     |
| Débit volume            | Débit volume           | Débit volume           | Débit volume           | Débit volume           |
| Volume total            | Volume total           | Volume total           | Volume total           | Volume total           |
|                         | Brix                   | Baumé                  | Pourcent.masse         | Pourcent.masse         |
|                         | Débit sacchar.         | Débit sacchar.         | Pourcent.vol.          | Débit solides          |
|                         |                        |                        | Débit solides          |                        |

Les affichages représentés en caractères gras sont toujours actifs. Tous les autres affichages doivent être rendus actifs dans les menus correspondants Fct. 1.2 ou 3.2.

### 3.3 Valeurs de concentration disponibles à la sortie

Les tableaux 3.3.1, 3.3.2 et 3.3.3 indiquent les fonctions disponibles en plus à la sortie et qui permettent de sélectionner les différents affichages de concentration. Elles sont programmables en procédant de la façon normale décrite dans la notice d'utilisation standard.

**Tableau 3.3.1** Versions de sortie courant disponibles pour concentrations

| Types de concentrations |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sans                    | Brix            | Baumé           | Conc. gén.      | NaOH            |
| Inactif                 | Inactif         | Inactif         | Inactif         | Inactif         |
| Débit masse             | Débit masse     | Débit masse     | Débit masse     | Débit masse     |
| Masse volumique         | Masse volumique | Masse volumique | Masse volumique | Masse volumique |
| Température             | Température     | Température     | Température     | Température     |
| Débit volume            | Débit volume    | Débit volume    | Débit volume    | Débit volume    |
| Sens débit              | Taux Brix       | Débit solides   | Débit solides   | Débit solides   |
|                         | Brix            | Baumé           | Conc. en masse  | Conc. en masse  |
|                         | Sens débit      | Sens débit      | Pourcent vol.   | Sens débit      |
|                         |                 |                 | Sens débit      |                 |

**Tableau 3.3.2** Versions de sortie impulsion pour concentrations

| Konzentrationsvarianten |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ohne                    | Brix            | Baume           | Univ.Konz.      | NaOH            |
| Inactif                 | Inactif         | Inactif         | Inactif         | Inactif         |
| Débit masse             | Débit masse     | Débit masse     | Débit masse     | Débit masse     |
| Compt.masse.            | Compt.masse.    | Compt.masse.    | Compt.masse.    | Compt.masse.    |
| Masse volumique         | Masse volumique | Masse volumique | Masse volumique | Masse volumique |
| Température             | Température     | Température     | Température     | Température     |
| Débit volume            | Débit volume    | Débit volume    | Débit volume    | Débit volume    |
| Vol. total              | Vol. total      | Vol. total      | Vol. total      | Vol. total      |
| Sens débit              | Taux Brix       | Débit solides   | Débit solides   | Débit solides   |
|                         | Suc. total      | Sol. total      | Sol. total      | Sol. total      |
|                         | Brix            | Baumé           | Conc. en masse  | Conc. en masse  |
|                         | Sens débit      | Sens débit      | Conc. en vol.   | Sens débit      |
|                         |                 |                 | Sens débit      |                 |

**Tableau 3.3.3** Versions de messages de défaut pour concentrations

| Types de concentrations |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Sans                    | Brix               | Baumé              | Conc. gén.         | NaOH               |
| Inactif                 | Inactif            | Inactif            | Inactif            | Inactif            |
| Débit masse             | Débit masse        | Débit masse        | Débit masse        | Débit masse        |
| Total masse             | Total masse        | Total masse        | Total masse        | Total masse        |
| Masse volumique         | Masse volumique    | Masse volumique    | Masse volumique    | Masse volumique    |
| Température             | Température        | Température        | Température        | Température        |
| Débit volume            | Débit volume       | Débit volume       | Débit volume       | Débit volume       |
| Volume total            | Volume total       | Volume total       | Volume total       | Volume total       |
| Sens débit              | Taux Brix          | Débit solides      | Débit solides      | Débit solides      |
| Erreurs graves          | Brix               | Baumé              | Conc. en masse     | Conc. en masse     |
| Tous messages           | Sens débit         | Sens débit         | Conc. en vol. T    | Sens débit         |
| Saturation I 1          | Erreurs graves     | Erreurs graves     | Sens débit         | Erreurs graves     |
| Saturat. impuls. 1      | Tous messages      | Tous messages      | Erreurs graves     | Tous messages      |
| Sat. sortie quelc.      | Saturation II 1    | Saturation I 1     | Erreurs graves     | Saturation I 1     |
|                         | Saturat. impuls. 1 | Saturat. impuls. 1 | Saturation I 1     | Saturat. impuls. 1 |
|                         | Sat. sortie quelc. | Sat. sortie quelc. | Puls 1 Ueberl      | Sat. sortie quelc. |
|                         |                    |                    | Sat. sortie quelc. |                    |

Exemple: °Brix, à partir du mode mesure:

| Touche | Ligne 1      | Ligne 2       | Remarque   |
|--------|--------------|---------------|--|
| →↑↑    | Fct. 3.(0)   | PROGRAMM.     |  |
| →↑↑    | Fct. 3.(3).0 | SORT. COUR. I |  |
| →      | Fct. 3.3.(1) | FONCTION I    |  |
| →↑xn   |              | (BRIX)        | Sélectionner l'affichage en °BRIX avec la touche ↑   |
| ↵↑     | Fct. 3.3.(2) | ECHELLE I     |  |
| →↑xn   |              | 4-20mA        | Sélectionner l'échelle avec la touche ↑ .  |
| ↵↑     | Fct. 3.3.(3) | MIN BRIX      |  |
| →      | (0)0.00      | °BRIX         |  |
| →↑x4   | (4).00       | °BRIX         | Programmer la valeur sur 4.0.  |
| ↵↑     | Fct. 3.3.(4) | MAX BRIX      |  |
| →      | (0)100.00    | °BRIX         |  |
| →↑x9   | (0)00.00     | °BRIX         |  |
| →↑x2   | (2)0.00      | °BRIX         | Programmer la valeur sur 20.00.  |
| ↵↵     | Fct. 3.(3).0 | SORT. COUR. I | Sortie courant maintenant 4-20°Brix = 4-20mA<br>Remarque: inutile d'activer d'abord l'affichage en Brix pour programmer la sortie sur °Brix.                               |
| ↑      | Fct. 3.(4).0 | SORT.IMPUL.P  |  |
| →      | Fct. 3.4.(1) | FONCTION P    |  |
| →↑xn   |              | (SOL. TOTAL)  | Sélectionner la fonction requise avec la touche ↑. La fonction SOL. TOTAL émet une série d'impulsions, dont chacune représente une masse prédéfinie de substance dissoute. |
| ↵↑     | Fct. 3.4.(2) | IMPULS/MASS.  |  |
| →      | 1.000        | I. P. = (g)   | Modifier ce chiffre et l'unité de mesure, puis sélectionner la masse voulue par impulsion.   |
| ↵↑     | Fct. 3.4.(3) | mSec./IMPUL   |  |
| →      | (0)0.4       | mSec          | Modifier sur la largeur d'impulsion mini requise.  |
| ↵↵     | Fct. 3.(4).0 | SORT.IMPUL.P  | Cette programmation signifie que la sortie donne une impulsion de 0,4ms par 1,0 g de substance dissoute mesurée.   |
| ↑      | Fct. 3.(5).0 | ALARM. A      |  |
| →      | Fct. 3.5.(1) | FONCTION A    |  |
| →↑xn   |              | BRIX          | Sélectionner la fonction requise avec la touche ↑.   |
| ↵↑↑    | Fct. 3.5.(3) | ECHEL.MINI    |  |
| →      | (0)0.00      | °BAUME        | Modifier le seuil inférieur de signalisation d'erreur.   |
| →↑x4   | (4).00       | °BAUME        |  |
| ↵↑     | Fct. 3.5.(4) | ECHEL.MAXI.   |  |
| →      | (0)100.00    | °BAUME        | Modifier le seuil supérieur de signalisation d'erreur.   |
| →↑x9   | (0)00.000    | °BAUME        |  |
| →↑     | (1)0.000     | °BAUME        |  |
| ↵      | Fct. 3.5.(4) | ECHEL.MAXI.   |  |
| ↵x4    |              |               | Mémoriser les modifications. Le message de défaut apparaîtra lorsque la valeur Brix sera hors de l'échelle 4-10 Brix .   |



## 4. Concentration générale

### 4.1 Mélanges de deux produits non miscibles et incompressibles

Non miscible signifie que les deux substances formant le mélange conservent leurs propriétés spécifiques et restent isolées sans interaction mutuelle. De tels mélanges sont par exemple les émulsions d'huile et d'eau ou les suspensions de substances solides dans un liquide. En joignant une substance d'un volume  $V_S$  et une autre d'un volume  $V_C$ , on obtient un volume total de  $V_T$ :

$$V_T = V_S + V_C$$

Il en est de même pour les masses:

$$M_T = M_S + M_C$$

Les masses volumiques des substances  $\rho_S$ ,  $\rho_C$  et le mélange  $\rho_M$  sont exprimés par les formules:

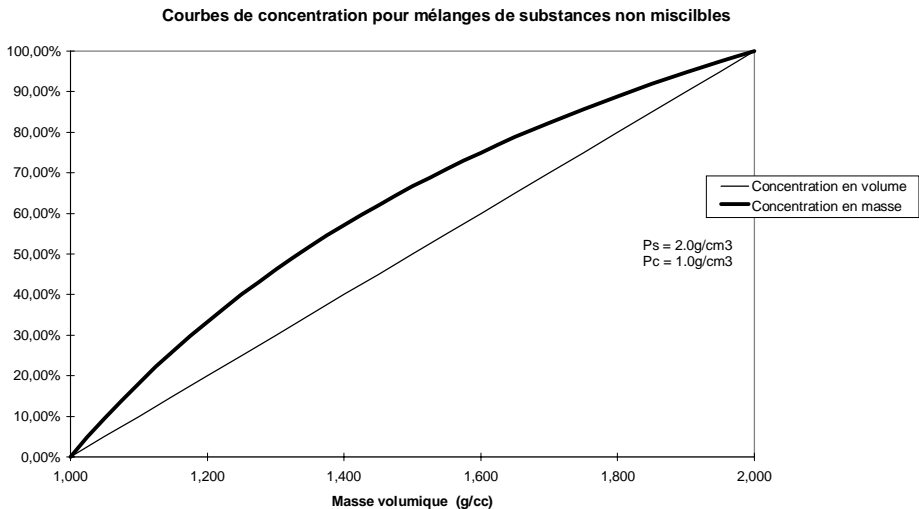
$$\rho_S = \frac{M_S}{V_S}, \quad \rho_C = \frac{M_C}{V_C} \quad \text{und} \quad \rho_M = \frac{M_T}{V_T}$$

Il peut être prouvé que:

$$C_V = \frac{\rho_M - \rho_C}{\rho_S - \rho_C} \times 100\% \quad \text{Equation 1}$$

$$C_M = \frac{\rho_S}{\rho_M} \cdot \frac{\rho_M - \rho_C}{\rho_S - \rho_C} \times 100\% \quad \text{Equation 2}$$

La représentation suivante illustre les deux équations pour le cas  $\rho_S=2.0$  et  $\rho_C=1.0$ . Il est clairement visible que seule la courbe  $C_V$  a un tracé linéaire et non la courbe  $C_M$ .



Ces deux équations sont utilisées dans l'algorithme général de concentration du convertisseur de mesure MFC081/085.  $\rho_M$  est mesuré directement ;  $\rho_S$  et  $\rho_C$  sont connus du fait de leur teneur respective dans le mélange.

Les valeurs pour  $\rho_s$  et  $\rho_c$  dépendent de la température T. Cette dépendance est compensée pour  $\rho_s$  tout comme pour  $\rho_c$  au moyen de l'équation suivante:

$$\rho = \rho_{20} + K_1 (T-20) + K_2 (T-20)^2 \quad \text{Equation 3}$$

Ceci signifie:  $\rho_{20}$ ,  $K_1$  et  $K_2$  sont des valeurs que le client programme en fonction de la teneur de chaque substance dans le mélange.

Programmer à partir du menu de la Fct. 3.10.

| Menu                   | Remarque   |
|------------------------|--|
| Fct. 3.10.1 SOLUTE 20  | $\rho_{20}$ pour la partie en solides  |
| Fct. 3.10.2 SOLUTE K1  | $K_1$ pour la partie en solides  |
| Fct. 3.10.3 SOLUTE K2  | $K_2$ pour la partie en solides  |
| Fct. 3.10.4 LIQUIDE    | Sélectionner EAU ou NON EAU. Si EAU a été choisi, $\rho_c$ sera pris d'un tableau eau/température interne. Si NON EAU a été choisi, $\rho_c$ sera déterminé avec l'équation 3 à partir des valeurs caractéristiques des menus 3.10.5 à 3.10.7. |
| Fct. 3.10.5 LIQUIDE 20 | $\rho_{20}$ pour la partie liquide   |
| Fct. 3.10.6 LIQUIDE K1 | $K_1$ pour la partie liquide   |
| Fct. 3.10.7 LIQUIDE K2 | $K_2$ pour la partie liquide   |

Après le calcul des concentrations, il est possible de calculer le débit des différentes parties du mélange. Si  $\dot{m}$  = représente le total de masse mesuré pour le mélange, la quantité de masse solides/liquide  $m$  est exprimée par l'équation suivante:

$$\dot{m} = \frac{C_M}{100} \times \dot{m} \quad \text{Equation 4}$$

## 4.2 Concentration de liquides miscibles

Si deux liquides se mêlent pour former un ensemble homogène ou se dissolvent l'un dans l'autre, ils sont considérés comme étant vraiment miscibles. Les deux substances peuvent réagir fortement l'une avec l'autre. Le volume dans de tels mélanges ne s'additionne pas.

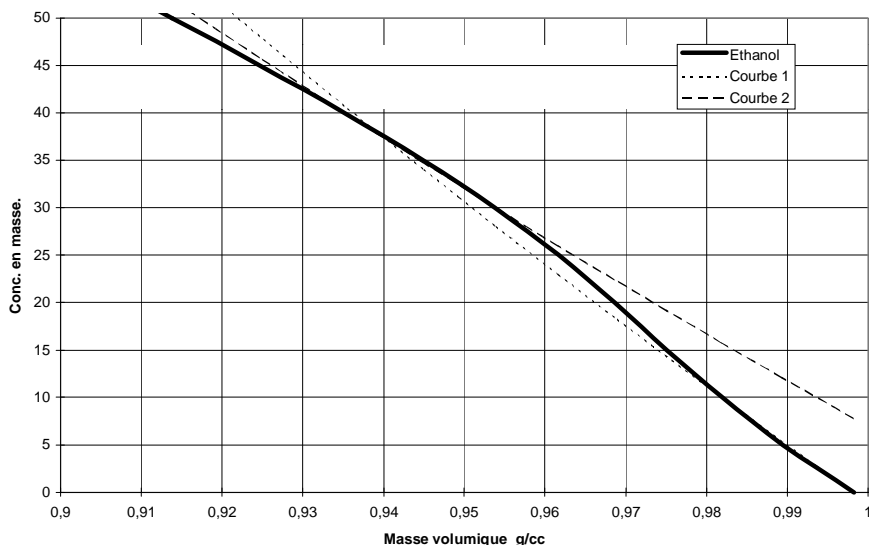
$$V_T \neq V_S + V_C$$

Les équations 1 et 2 indiquées ci-dessus ne rendent qu'approximativement le vrai comportement du mélange. La précision de l'approximation variant de mélange à mélange, il est nécessaire d'évaluer individuellement chaque cas. Une bonne adaptation est normalement possible, même si ce n'est que sur une échelle limitée des deux masses volumiques.

Considérons à titre d'exemple un mélange d'éthanol et d'eau suivant la représentation suivante. Le tracé de la courbe caractéristique réelle est différent de celui qu'exige le cas idéal représenté dans le paragraphe ci-dessus. Si l'on ne tient pas compte de la compensation de température ( $K_1 = K_2 = 0$ ), on peut programmer le logiciel pour la concentration avec l'un des jeux de données suivants:

|            | Courbe 1                  | Courbe 2                  |
|------------|---------------------------|---------------------------|
| Solute 20  | 0.85659 g/cm <sup>3</sup> | 0.83678 g/cm <sup>3</sup> |
| Liquide 20 | 0.99812 g/cm <sup>3</sup> | 1.01477 g/cm <sup>3</sup> |

### Concentration d'éthanol dans l'eau à 20°C



Dans le champ caractéristique ci-dessus, la ligne de la courbe 1 se recouvre avec la ligne caractéristique approximativement de 0 à 12% d'éthanol et la ligne de la courbe 2 de 28 à 43%. A noter que le liquide dans ces cas est certes de l'eau, mais que NON EAU doit être programmé (Fct. 3.10.4) pour obtenir le meilleur recouvrement possible des courbes.

#### 4.3 Détermination des paramètres pour la concentration générale

##### Cas 1: Matières solides en suspension dans l'eau

Dans ce type de mélange, les particules de la matière solide ont tendance à avoir une masse volumique beaucoup plus importante que celle de l'eau et leur masse volumique ne varie généralement que très faiblement avec la température. Il faut donc programmer:

| Menu                  | Entrée                                     | Remarque   |
|-----------------------|--|--|
| Fct. 3.10.1 Soluté 20 | Masse volumique de la matière solide sèche |  |
| Fct. 3.10.2 Soluté K1 | 0  | Une compensation de température n'est pas nécessaire |
| Fct. 3.10.3 Soluté K2 | 0  |  |
| Fct. 3.10.4 LIQUIDE   | EAU  |  |

Ceci est le cas le plus simple. Dans quelques cas exceptionnels, la masse volumique de la matière solide à l'état sec est nettement différente de sa masse volumique apparente à l'état humide. Un exemple pour une telle substance est l'amidon car l'amidon à l'état humide est entièrement imbibé d'eau.

##### Cas 2: Matières solides en suspension dans d'autres liquides

La masse volumique de la matière solide sèche peut être programmée de la même façon que dans le cas 1. Mais le convertisseur de mesure doit savoir comment varie la masse volumique du liquide porteur en fonction de la température. Si le process a lieu à une température toujours constante, la masse volumique du liquide porteur peut être programmée avec la Fct. 3.10.5 LIQUIDE 20 et les Fct. 3.10.6 et 3.10.7 peuvent être programmées sur zéro. Le passage à une autre température au cours du process entraînera cependant des erreurs.

Si la masse volumique du liquide porteur n'est connue que pour deux températures différentes, il n'est possible d'effectuer qu'une compensation linéaire.

|         | Température °C | Masse volumique |
|---------|----------------|-----------------|
| Point 1 | $T_1$          | $\rho_1$        |
| Point 2 | $T_2$          | $\rho_2$        |

Entrée: Fct. 3.10.4 LIQUIDE = NON EAU  
 Fct. 3.10.7 LIQUIDE K2 = 0  
 Fct. 3.10.6 LIQUIDE K1 =  $\frac{\rho_1 - \rho_2}{T_1 - T_2}$   
 Fct. 3.10.5 LIQUIDE 20 =  $\rho_1 - K_1(T_1 - 20)$

L'adaptation correcte de l'équation pour la compensation de température au produit à mesurer exige le recours à trois points différents pour la température/masse volumique, à savoir  $(\rho_1, T_1)$ ,  $(\rho_2, T_2)$  et  $(\rho_3, T_3)$ . Ceci donne trois équations avec trois inconnues qui doivent être résolues en même temps.

$$\rho_1 = \rho_{20} + K_1(T_1 - 20) + K_2(T_1 - 20)^2$$

$$\rho_2 = \rho_{20} + K_1(T_2 - 20) + K_2(T_2 - 20)^2$$

$$\rho_3 = \rho_{20} + K_1(T_3 - 20) + K_2(T_3 - 20)^2$$

Ces équations peuvent être résolues par écrit, surtout si l'une des températures  $T_1$ ,  $T_2$  ou  $T_3 = 20^\circ\text{C}$ . Mais ceci représente un travail très pénible qui peut facilement conduire à des erreurs. Nous recommandons donc d'utiliser le tableur Microsoft Excel™ CONC4.XLT qui permet de résoudre automatiquement ces équations.

Pour le cas qu'un PC permettant d'appliquer Microsoft Excel™ dans la version 5 ou supérieure ne soit pas disponible, ces équations peuvent être résolues comme suit:

$$K_2 = \frac{\rho_1(T_3 - T_2) + \rho_2(T_1 - T_3) + \rho_3(T_2 - T_1)}{T_3^2(T_2 - T_1) + T_2^2(T_1 - T_3) + T_1^2(T_3 - T_2)}$$

$$K_1 = \frac{\rho_1 - \rho_2 - K_2(T_1 - 20)^2 + K_2(T_2 - 20)^2}{T_1 - T_2}$$

$$\rho_{20} = \rho_1 - K_1(T_1 - 20) - K_2(T_1 - 20)^2$$

### Cas 3: Emulsions huile-eau

Dans un tel cas, considérer l'huile comme étant la substance solide et programmer la fonction LIQUIDE (Fct. 3.10.4) sur EAU. Effectuer le calcul des valeurs caractéristiques de la masse volumique de l'huile (Fct. 3.10.1 - 3) de la même façon que pour le liquide porteur dans la description du cas 2.

**Cas 4: Matières solides dissoutes**

La programmation du convertisseur de mesure pour ce cas nécessite le recours à deux points pour la masse volumique / concentration à trois températures différentes. Ces trois températures doivent correspondre à la plage de service normale du process. Les points pour la concentration doivent être choisis de façon à ce qu'ils soient atteints en service normal. La concentration doit être saisie avec la plus grande précision possible.

| Temp. /°C      | Conc. en masse /% | Masse vol./g/cm <sup>3</sup> |
|----------------|-------------------|------------------------------|
| T <sub>1</sub> | C <sub>11</sub>   | ρ <sub>11</sub>              |
|                | C <sub>21</sub>   | ρ <sub>21</sub>              |
| T <sub>2</sub> | C <sub>12</sub>   | ρ <sub>12</sub>              |
|                | C <sub>22</sub>   | ρ <sub>22</sub>              |
| T <sub>3</sub> | C <sub>13</sub>   | ρ <sub>13</sub>              |
|                | C <sub>23</sub>   | ρ <sub>23</sub>              |

Entrer ensuite ces données dans le tableur Microsoft Excel™ CONC4.XLT pour obtenir les valeurs à programmer dans les menus 3.10. Il est possible de résoudre les équations par écrit mais l'utilisation du logiciel Excel est préférable parce qu'elle donne en plus accès à des tableaux et graphiques qui permettent de comparer l'algorithme aux données réelles et de procéder rapidement à des adaptations.

Pour résoudre manuellement les équations, il est nécessaire de calculer les valeurs  $\rho_s$  et  $\rho_c$  pour chacune des températures T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et T<sub>3</sub> à l'appui des équations:

$$\rho_{C_n} = \frac{\rho_{1n} \rho_{2n} (C_{1n} - C_{2n})}{\rho_{1n} C_{1n} - \rho_{2n} C_{2n}}$$

$$\rho_{S_n} = \frac{C_{1n} \rho_{1n} \rho_{cn}}{C_{1n} \rho_{1n} - 100(\rho_{1n} - \rho_{cn})}$$

pour température T<sub>n</sub>

Trois valeurs de température /  $\rho_c$  pour le liquide permettent de calculer  $\rho_{20}$ , K<sub>1</sub> et K<sub>2</sub> comme dans le cas 2. Les masses volumiques de la matière solide  $\rho_{20}$ , K<sub>1</sub> et K<sub>2</sub> peuvent être calculées de la même façon à partir des trois valeurs  $\rho_s$ .

**Exemple: Solution d'eau salée (NaCl).**

Supposons que la température du process varie entre 10 et 30°C et que la mesure de concentration en masse du sel se situe entre 5 et 15%.

Entrez les données dans le tableau suivant pour chaque température et calculez  $\rho_c$  et  $\rho_s$  à l'appui de l'équation indiquée ci-dessus.

| Temp. /°C | Conc. en masse /% | Masse vol. g/cm <sup>3</sup> | $\rho_c$  | $\rho_s$  |
|-----------|-------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| <b>10</b> | <b>5.52</b>       | <b>1.040473</b>              | 1.002565  | 2.9473856 |
|           | <b>14.9</b>       | <b>1.112023</b>              |           |           |
| <b>20</b> | <b>5.52</b>       | <b>1.037835</b>              | 1.0006212 | 2.8540898 |
|           | <b>14.9</b>       | <b>1.107953</b>              |           |           |
| <b>30</b> | <b>5.52</b>       | <b>1.034454</b>              | 0.9977574 | 2.7906384 |
|           | <b>14.9</b>       | <b>1.103516</b>              |           |           |

Reportez  $\rho_c$  et  $\rho_s$  dans le tableau suivant et calculez  $\rho_{20}$ , K1 et K2 à l'appui de l'équation du cas 2:

|         | Masse volumique               | Temp. | K <sub>2</sub> | K <sub>1</sub> | $\rho_{20}$ |
|---------|-------------------------------|-------|----------------|----------------|-------------|
| Liquide | $\rho_1 = \mathbf{1.002565}$  | 10    | -0.0000046     | -0.0002404     | 1.000621    |
|         | $\rho_2 = \mathbf{1.0006212}$ | 20    |                |                |             |
|         | $\rho_3 = \mathbf{0.9977574}$ | 30    |                |                |             |
| Solides | $\rho_1 = \mathbf{2.9473856}$ | 10    | +0.0001492     | -0.0078374     | 2.85409     |
|         | $\rho_2 = \mathbf{2.8540898}$ | 20    |                |                |             |
|         | $\rho_3 = \mathbf{2.7906384}$ | 30    |                |                |             |

Programmez le convertisseur de mesure avec ces valeurs. Dans le présent exemple, l'algorithme de concentration donne une précision supérieure à  $\pm 0,1$  sur une échelle de 3 à 17%.

#### 4.4 Entrée des paramètres dans le convertisseur de mesure

Après leur calcul, les valeurs caractéristiques requises doivent être programmées sur le convertisseur de mesure. Les unités de mesure pour la masse volumique (g/cm<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup>, lb/US Gallon etc.) ne jouent aucun rôle pour le calcul de  $\rho_{20}$ , K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> mais doivent être utilisées pour entrer tous les paramètres.

Prenons comme exemple une émulsion d'huile et d'eau dans laquelle les masses volumiques de l'huile sont de 650.0, 648.5 et 647.3 kg/m<sup>3</sup> à des températures de 10, 20 et 30°C. De ces données résultent les valeurs suivantes:

$$\begin{aligned} \rho_{20} &= 648.5 \text{ kg/m}^3 \\ K_1 &= -0.135 \text{ kg/m}^3/\text{°C} \\ K_2 &= 0.0015 \text{ kg/m}^3/\text{°C}^2 \end{aligned}$$

A partir du mode mesure:

| Touche | Ligne 1       | Ligne 2    | Remarque   |
|--------|---------------|------------|--|
| →↑↑    | Fct. (3).0    | PROGRAMM.  |  |
| →↑x9   | Fct. 3.(10).0 | MESUR.CONC |  |
| →      | Fct. 3.10.(1) | SOLUTE 20  |  |
| →      | +4.0000000    | (g)/cm3    | Sélectionner l'unité de mesure pour la masse avec la touche ↑.                               |
| ↑      | +4.0000000    | (kg)/cm3   |  |
| →      | +4.0000000    | kg/(cm3)   | Sélectionner l'unité de mesure pour le volume avec la touche ↑.                              |
| ↑x3    | +4.0000000    | kg/(m3)    | Les unités de mesure entrées ici doivent correspondre aux unités utilisées dans les calculs. |
| →      | +(4).0000000  | kg/m3      | Entrer la valeur calculée  |
| ↑↑     | +(6).0000000  | kg/m3      |  |
| →      | +6(.)0000000  | kg/m3      |  |
| ↑↑     | +600(.)00000  | kg/m3      |  |
| →↑x5   | +600.(5)0000  | kg/m3      |  |
| →x8    | +6(0)0.50000  | kg/m3      |  |
| ↑x4    | +6(4)0.50000  | kg/m3      |  |
| →↑x8   | +64(8).50000  | kg/m3      |  |
| ↵↑     | Fct. 3.10.(2) | SOLUTE K1  |  |
| →      | (+)0.0000000  | /°C        | Entrer la valeur calculée K1   |
| ↑      | (-)0.0000000  | /°C        |  |
| →→→↑   | -0.(1)000000  | /°C        |  |
| →↑x3   | -0.1(3)000000 | /°C        |  |
| →↑x5   | -0.13(5)0000  | /°C        |  |
| ↵↑     | Fct. 3.10.(3) | SOLUTE K2  | Entrer la valeur calculée K2   |
| →      | (+)0.0000000  | /°C2       |  |
| →x5    | +0.00(0)0000  | /°C2       |  |
| ↑      | +0.00(1)0000  | /°C2       |  |
| →↑x5   | +0.001(5)000  | /°C2       |  |
| ↵↑     | Fct. 3.10.(4) | LIQUIDE    |  |
| →      |               | (NON EAU)  | Choisir EAU comme liquide porteur  |
| ↑      |               | (EAU)      |  |
| ↵      | Fct. 3.10.(4) | LIQUIDE    |  |
| ↵x4    |               |            | Mémoriser les modifications et retourner au mode mesure.                                     |

## 5. Considérations pratiques sur la mesure de concentration

### 5.1 Précision du calcul de concentration

Les résultats du calcul de concentration dépendent de la précision des valeurs de masse volumique mesurées et de la précision avec laquelle l'algorithme qui sert de base à la détermination de la concentration répond à l'application correspondante. Parmi ces deux facteurs, la mesure de la masse volumique joue un rôle prépondérant. Pour pouvoir déterminer l'influence de l'incertitude de mesure dans la mesure de masse volumique, il faut tenir compte de la variation de la masse volumique au sein de la plage en question.

Supposons que l'on veuille mesurer par exemple les concentrations au sein d'une plage de 5 à 10% de la masse. La masse volumique varie au sein de cette plage entre 1.018 et 1.038 g/cm<sup>3</sup>, ce qui représente une variation de 0.020 g/cm<sup>3</sup>. Si l'incertitude de mesure du débitmètre pour la masse volumique est de ±0.002g/cm<sup>3</sup> et si l'on suppose que la variation de la masse volumique par rapport à la concentration est linéaire, l'incertitude de mesure est approximativement de:

$$\pm \frac{\text{Variation de la concentration}}{\text{Variation de masse volumique}} \times \text{Précision de la masse vol.} = \pm \frac{5}{0.02} \times 0.002 = \pm 0.5$$

De toute évidence, ce simple calcul ne tient compte ni de la température ni de la précision de l'algorithme mais donne très vite une idée de ce qui peut être obtenu ou non au moyen d'un débitmètre spécifique.

D'autres facteurs encore sont susceptibles de limiter la capacité d'un débitmètre de donner une valeur de masse volumique précise.

- **Inclusions d'air ou de gaz.** En cas de fortes inclusions d'air ou de gaz dans le liquide à mesurer, le débitmètre massique mesurant par force de Coriolis indique une masse volumique insuffisante. Cette erreur n'est pas due à l'appareil mais à l'application. S'il n'est pas possible d'éviter des inclusions d'air ou de gaz dans le liquide, on peut du moins veiller à réduire au maximum leur influence. Installer le débitmètre en position verticale pour que les bulles de gaz ne puissent pas s'y accumuler (inutile pour les débitmètres installés sur conduite courbée). On peut aussi essayer de comprimer les bulles de gaz en mettant la conduite sous pression.
- **Sauts de température.** Les débitmètres Corimass permettent la compensation de température pour leurs mesures de masse volumique et s'adaptent aux variations lentes de la température. Des variations soudaines de la température peuvent cependant fausser passagèrement l'indication de la masse volumique jusqu'à ce que le débitmètre se soit adapté à la nouvelle température. De telles erreurs d'affichage peuvent durer plusieurs minutes après le saut de température.
- **Temps de réponse.** Les débitmètres Corimass affichent une masse volumique „statique“. Ils ne peuvent suivre des variations rapides de la masse volumique. En cas de variation subite de la masse volumique du produit qui traverse le débitmètre, l'appareil nécessite environ 30 secondes pour le filtrage interne avant que l'affichage s'équilibre sur la nouvelle valeur.

Pour obtenir de bonnes valeurs dans la mesure de la masse volumique:

- a) veiller à ce que le débitmètre soit installé et fixé correctement ;
- b) le produit à mesurer ne doit pas contenir des inclusions d'air ou de gaz (voir ci-dessus) ;
- c) calibrer la mesure de masse volumique sur place, à la température de service normale du process pour autant que possible. Voir la notice d'utilisation standard.

## 5.2 Mesures en Brix

De nombreuses entreprises utilisent l'échelle Brix pour surveiller et commander la teneur en saccharose de leurs produits.

A cet effet, elles se servent généralement d'un réfractomètre. Ce procédé consiste à prélever un petit échantillon de la conduite pour le poser sur le réfractomètre. Celui-ci mesure l'indice de réfraction de l'échantillon.

L'indice de réfraction de solutions de saccharose varie aussi bien en fonction de la concentration que de la température. Les réfractomètres modernes mesurent aussi la température et sont alors capables d'indiquer la valeur Brix **dérivée**. Ceci suppose que l'échantillon mesuré provienne d'un mélange de saccharose en solution dans l'eau. Ce procédé dans son ensemble est réalisé en ligne et peut être très contraignant. Des



réfractomètres pour installation en ligne sont disponibles mais ils sont connus pour leur manque de fiabilité et leur ample besoin en nettoyage et maintenance.

Très peu d'entreprises travaillent dans la pratique avec des solutions de saccharose pures mais utilisent encore des réfractomètres pour mesurer les valeurs en Brix. En plus du saccharose, les boissons non alcooliques contiennent encore un certain nombre d'autres substances (dextrose, fructose, acides de fruits, albumen, matières en suspension, etc.). Un grand nombre de ces autres substances peut influencer l'indice de réfraction total. La valeur mesurée par le réfractomètre n'est donc qu'une valeur approximative de la teneur en sucre réelle.

Les débitmètres massiques qui mesurent par force de Coriolis saisissent la masse volumique et la température. Ces valeurs de mesure ainsi que les courbes caractéristiques connues des solutions de saccharose permettent de calculer une valeur Brix. Si le produit contient encore d'autres substances, la valeur Brix indiquée n'est qu'approximative, comme dans le cas du réfractomètre. Cette valeur approximative ne peut correspondre exactement à l'approximation du réfractomètre. Les impuretés n'ont donc pas toujours la même influence sur l'indice de réfraction que sur la masse volumique. Les particules solides dans le produit à mesurer n'influencent pas la réfraction de la lumière par le liquide mais la masse volumique.

Dans ces circonstances, il convient de ne pas choisir la version de mesure de concentration générale. Les valeurs caractéristiques doivent être programmées de façon à ce que l'affichage 'POUR CENT M' imite le réfractomètre. Pour cela, il faut préciser entièrement les propriétés du produit à mesurer conformément au paragraphe 4.3, Cas 4.

### **5.3 Concentration en NaOH**

L'algorithme NaOH correspond à la ligne caractéristique réelle du produit à mesurer à une décimale près ( $\pm 0.1$ ).

Cette correspondance n'existe cependant que dans la plage de 10 à 40°C et pour une solution de 0 à 50%. Ceci ne pose nul problème au débitmètre en titane MFM 4085, Série G. Ce n'est qu'à partir de concentrations et de températures supérieures à ces limites que le produit commencerait à corroder le tube de mesure (les débitmètres en zirkon ou en acier inox sont insensibles aux concentrations en NaOH).

# Annexe 1 Tableau des valeurs Brix en fonction de la masse volumique et de la température

| Masse volum. g/cm <sup>3</sup> | Température |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 0           | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
| 0.958                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 0.960                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.52  |
| 0.962                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.06  | 1.07  |
| 0.964                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.61  | 1.62  |
| 0.966                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.20  | 1.15  | 2.17  |
| 0.968                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.74  | 1.69  | 2.72  |
| 0.970                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.37  | 1.28  | 2.23  | 3.26  |       |
| 0.972                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.05  | 0.91  | 1.81  | 2.77  | 3.79  |       |
| 0.974                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.59  | 1.44  | 2.35  | 3.30  | 4.33  |       |
| 0.976                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.30  | 1.12  | 1.98  | 2.88  | 3.84  | 4.86  |       |
| 0.978                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.05  | 0.84  | 1.66  | 2.51  | 3.41  | 4.37  | 5.39  |       |
| 0.980                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.58  | 1.37  | 2.19  | 3.04  | 3.94  | 4.89  | 5.92  |       |
| 0.982                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.38  | 1.11  | 1.90  | 2.71  | 3.56  | 4.46  | 5.42  | 6.45  |       |
| 0.984                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.21  | 0.91  | 1.64  | 2.42  | 3.24  | 4.09  | 4.99  | 5.94  | 6.97  |       |
| 0.986                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.07  | 0.74  | 1.44  | 2.17  | 2.95  | 3.77  | 4.61  | 5.51  | 6.46  | 7.49  |       |       |
| 0.988                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.61  | 1.27  | 1.97  | 2.69  | 3.47  | 4.29  | 5.13  | 6.03  | 6.98  | 8.00  |       |       |
| 0.990                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.51  | 1.13  | 1.80  | 2.50  | 3.22  | 4.00  | 4.81  | 5.65  | 6.54  | 7.50  | 8.52  |       |       |
| 0.992                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.46  | 1.03  | 1.66  | 2.33  | 3.02  | 3.74  | 4.52  | 5.33  | 6.17  | 7.06  | 8.01  | 9.03  |       |       |
| 0.994                          | -           | -     | -     | -     | -     | -     | 0.46  | 0.99  | 1.56  | 2.19  | 2.85  | 3.54  | 4.26  | 5.03  | 5.85  | 6.68  | 7.57  | 8.52  | 9.54  |       |       |
| 0.996                          | -           | -     | -     | -     | 0.08  | 0.51  | 0.99  | 1.51  | 2.08  | 2.71  | 3.37  | 4.06  | 4.78  | 5.55  | 6.36  | 7.19  | 8.09  | 9.03  | 10.05 |       |       |
| 0.998                          | -           | -     | -     | 0.25  | 0.60  | 1.03  | 1.51  | 2.03  | 2.60  | 3.23  | 3.89  | 4.58  | 5.29  | 6.07  | 6.87  | 7.71  | 8.59  | 9.54  | 10.55 |       |       |
| 1.000                          | 0.03        | -     | 0.00  | 0.12  | 0.46  | 0.77  | 1.12  | 1.56  | 2.03  | 2.55  | 3.12  | 3.75  | 4.41  | 5.10  | 5.81  | 6.58  | 7.39  | 8.22  | 9.10  | 10.04 | 11.06 |
| 1.002                          | 0.53        | 0.50  | 0.52  | 0.65  | 0.98  | 1.29  | 1.64  | 2.08  | 2.55  | 3.07  | 3.64  | 4.27  | 4.93  | 5.61  | 6.32  | 7.09  | 7.90  | 8.72  | 9.61  | 10.55 | 11.56 |
| 1.004                          | 1.03        | 1.01  | 1.04  | 1.18  | 1.49  | 1.80  | 2.16  | 2.59  | 3.07  | 3.59  | 4.16  | 4.78  | 5.44  | 6.13  | 6.83  | 7.60  | 8.40  | 9.23  | 10.11 | 11.05 | 12.05 |
| 1.006                          | 1.53        | 1.52  | 1.56  | 1.71  | 2.01  | 2.31  | 2.67  | 3.11  | 3.59  | 4.10  | 4.67  | 5.30  | 5.96  | 6.64  | 7.34  | 8.11  | 8.91  | 9.73  | 10.61 | 11.55 | 12.55 |
| 1.008                          | 2.03        | 2.02  | 2.07  | 2.23  | 2.52  | 2.83  | 3.18  | 3.62  | 4.10  | 4.62  | 5.18  | 5.81  | 6.47  | 7.15  | 7.85  | 8.61  | 9.41  | 10.23 | 11.11 | 12.05 | 13.04 |
| 1.010                          | 2.52        | 2.53  | 2.58  | 2.75  | 3.03  | 3.34  | 3.70  | 4.13  | 4.61  | 5.13  | 5.69  | 6.32  | 6.98  | 7.65  | 8.36  | 9.12  | 9.92  | 10.73 | 11.61 | 12.54 | 13.54 |
| 1.012                          | 3.02        | 3.03  | 3.09  | 3.27  | 3.53  | 3.84  | 4.21  | 4.64  | 5.12  | 5.64  | 6.20  | 6.83  | 7.48  | 8.16  | 8.86  | 9.62  | 10.42 | 11.23 | 12.11 | 13.03 | 14.03 |
| 1.014                          | 3.51        | 3.53  | 3.60  | 3.79  | 4.04  | 4.35  | 4.71  | 5.15  | 5.63  | 6.14  | 6.71  | 7.33  | 7.99  | 8.67  | 9.36  | 10.12 | 10.92 | 11.73 | 12.60 | 13.52 | 14.51 |
| 1.016                          | 4.00        | 4.03  | 4.10  | 4.30  | 4.54  | 4.85  | 5.22  | 5.66  | 6.14  | 6.65  | 7.22  | 7.84  | 8.49  | 9.17  | 9.86  | 10.62 | 11.41 | 12.23 | 13.09 | 14.01 | 15.00 |
| 1.018                          | 4.48        | 4.52  | 4.61  | 4.81  | 5.04  | 5.36  | 5.72  | 6.16  | 6.64  | 7.15  | 7.72  | 8.34  | 9.00  | 9.67  | 10.36 | 11.12 | 11.91 | 12.72 | 13.58 | 14.50 | 15.48 |
| 1.020                          | 4.97        | 5.02  | 5.11  | 5.32  | 5.54  | 5.86  | 6.23  | 6.67  | 7.14  | 7.66  | 8.22  | 8.84  | 9.50  | 10.17 | 10.86 | 11.61 | 12.40 | 13.21 | 14.07 | 14.99 | 15.96 |
| 1.022                          | 5.45        | 5.51  | 5.61  | 5.82  | 6.04  | 6.36  | 6.73  | 7.17  | 7.65  | 8.16  | 8.72  | 9.34  | 9.99  | 10.66 | 11.35 | 12.11 | 12.90 | 13.70 | 14.56 | 15.47 | 16.44 |
| 1.024                          | 5.94        | 6.00  | 6.10  | 6.32  | 6.54  | 6.85  | 7.22  | 7.67  | 8.15  | 8.66  | 9.22  | 9.84  | 10.49 | 11.16 | 11.85 | 12.60 | 13.39 | 14.19 | 15.05 | 15.95 | 16.92 |
| 1.026                          | 6.42        | 6.49  | 6.60  | 6.82  | 7.03  | 7.35  | 7.72  | 8.17  | 8.64  | 9.15  | 9.72  | 10.34 | 10.99 | 11.65 | 12.34 | 13.09 | 13.87 | 14.67 | 15.53 | 16.43 | 17.39 |
| 1.028                          | 6.90        | 6.97  | 7.09  | 7.32  | 7.53  | 7.85  | 8.22  | 8.66  | 9.14  | 9.65  | 10.21 | 10.83 | 11.48 | 12.15 | 12.83 | 13.58 | 14.36 | 15.16 | 16.01 | 16.91 | 17.87 |
| 1.030                          | 7.37        | 7.46  | 7.58  | 7.82  | 8.02  | 8.34  | 8.71  | 9.16  | 9.63  | 10.14 | 10.71 | 11.32 | 11.97 | 12.64 | 13.32 | 14.07 | 14.85 | 15.64 | 16.49 | 17.39 | 18.34 |
| 1.032                          | 7.85        | 7.94  | 8.07  | 8.31  | 8.51  | 8.83  | 9.20  | 9.65  | 10.13 | 10.63 | 11.20 | 11.81 | 12.46 | 13.12 | 13.81 | 14.55 | 15.33 | 16.12 | 16.97 | 17.86 | 18.81 |
| 1.034                          | 8.32        | 8.42  | 8.56  | 8.80  | 9.00  | 9.32  | 9.69  | 10.14 | 10.62 | 11.12 | 11.69 | 12.30 | 12.95 | 13.61 | 14.29 | 15.03 | 15.81 | 16.60 | 17.45 | 18.33 | 19.28 |
| 1.036                          | 8.80        | 8.90  | 9.04  | 9.29  | 9.48  | 9.81  | 10.18 | 10.63 | 11.11 | 11.61 | 12.18 | 12.79 | 13.43 | 14.10 | 14.78 | 15.52 | 16.29 | 17.08 | 17.92 | 18.80 | 19.74 |
| 1.038                          | 9.27        | 9.38  | 9.52  | 9.78  | 9.97  | 10.29 | 10.67 | 11.11 | 11.59 | 12.10 | 12.66 | 13.28 | 13.92 | 14.58 | 15.26 | 16.00 | 16.77 | 17.55 | 18.39 | 19.27 | 20.21 |
| 1.040                          | 9.74        | 9.86  | 10.00 | 10.26 | 10.45 | 10.78 | 11.16 | 11.60 | 12.08 | 12.59 | 13.15 | 13.76 | 14.40 | 15.06 | 15.74 | 16.48 | 17.25 | 18.03 | 18.86 | 19.74 | 20.67 |
| 1.042                          | 10.20       | 10.33 | 10.48 | 10.74 | 10.93 | 11.26 | 11.64 | 12.08 | 12.56 | 13.07 | 13.63 | 14.24 | 14.88 | 15.54 | 16.22 | 16.95 | 17.72 | 18.50 | 19.33 | 20.21 | 21.13 |
| 1.044                          | 10.67       | 10.80 | 10.96 | 11.22 | 11.41 | 11.74 | 12.12 | 12.57 | 13.05 | 13.55 | 14.11 | 14.72 | 15.36 | 16.02 | 16.70 | 17.43 | 18.20 | 18.97 | 19.80 | 20.67 | 21.59 |
| 1.046                          | 11.14       | 11.27 | 11.43 | 11.70 | 11.89 | 12.22 | 12.60 | 13.05 | 13.53 | 14.03 | 14.59 | 15.20 | 15.84 | 16.50 | 17.17 | 17.90 | 18.67 | 19.44 | 20.27 | 21.13 | 22.05 |

# Température

| Messe<br>volum.<br>g/cm3 | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.048                    | 11.60 | 11.74 | 11.91 | 12.18 | 12.37 | 12.70 | 13.08 | 13.53 | 14.01 | 14.51 | 15.07 | 15.68 | 16.32 | 16.97 | 17.65 | 18.37 | 19.14 | 19.91 | 20.73 | 21.59 | 22.50 |
| 1.050                    | 12.06 | 12.21 | 12.38 | 12.65 | 12.84 | 13.17 | 13.56 | 14.00 | 14.48 | 14.99 | 15.55 | 16.16 | 16.79 | 17.45 | 18.12 | 18.85 | 19.61 | 20.38 | 21.20 | 22.05 | 22.95 |
| 1.052                    | 12.52 | 12.68 | 12.85 | 13.12 | 13.31 | 13.65 | 14.03 | 14.48 | 14.96 | 15.46 | 16.03 | 16.63 | 17.26 | 17.92 | 18.59 | 19.31 | 20.07 | 20.84 | 21.66 | 22.51 | 23.41 |
| 1.054                    | 12.98 | 13.14 | 13.31 | 13.59 | 13.79 | 14.12 | 14.51 | 14.95 | 15.43 | 15.94 | 16.50 | 17.10 | 17.74 | 18.39 | 19.06 | 19.78 | 20.54 | 21.30 | 22.12 | 22.97 | 23.86 |
| 1.056                    | 13.44 | 13.60 | 13.78 | 14.06 | 14.26 | 14.59 | 14.98 | 15.43 | 15.91 | 16.41 | 16.97 | 17.58 | 18.21 | 18.86 | 19.53 | 20.25 | 21.00 | 21.76 | 22.57 | 23.42 | 24.31 |
| 1.058                    | 13.89 | 14.06 | 14.24 | 14.53 | 14.72 | 15.06 | 15.45 | 15.90 | 16.38 | 16.88 | 17.44 | 18.04 | 18.67 | 19.33 | 19.99 | 20.71 | 21.46 | 22.22 | 23.03 | 23.87 | 24.75 |
| 1.060                    | 14.35 | 14.52 | 14.71 | 14.99 | 15.19 | 15.53 | 15.92 | 16.37 | 16.85 | 17.35 | 17.91 | 18.51 | 19.14 | 19.79 | 20.46 | 21.18 | 21.92 | 22.68 | 23.49 | 24.32 | 25.20 |
| 1.062                    | 14.80 | 14.98 | 15.17 | 15.45 | 15.66 | 16.00 | 16.39 | 16.84 | 17.31 | 17.82 | 18.38 | 18.98 | 19.61 | 20.26 | 20.92 | 21.64 | 22.38 | 23.14 | 23.94 | 24.77 | 25.64 |
| 1.064                    | 15.25 | 15.44 | 15.63 | 15.91 | 16.12 | 16.46 | 16.85 | 17.30 | 17.78 | 18.29 | 18.84 | 19.44 | 20.07 | 20.72 | 21.38 | 22.10 | 22.84 | 23.59 | 24.39 | 25.22 | 26.09 |
| 1.066                    | 15.70 | 15.89 | 16.08 | 16.37 | 16.58 | 16.93 | 17.32 | 17.77 | 18.25 | 18.75 | 19.31 | 19.91 | 20.53 | 21.18 | 21.84 | 22.55 | 23.30 | 24.05 | 24.84 | 25.67 | 26.53 |
| 1.068                    | 16.15 | 16.34 | 16.54 | 16.83 | 17.04 | 17.39 | 17.78 | 18.23 | 18.71 | 19.21 | 19.77 | 20.37 | 20.99 | 21.64 | 22.30 | 23.01 | 23.75 | 24.50 | 25.29 | 26.11 | 26.97 |
| 1.070                    | 16.60 | 16.79 | 16.99 | 17.28 | 17.50 | 17.85 | 18.24 | 18.69 | 19.17 | 19.68 | 20.23 | 20.83 | 21.45 | 22.10 | 22.76 | 23.47 | 24.20 | 24.95 | 25.74 | 26.55 | 27.41 |
| 1.072                    | 17.04 | 17.24 | 17.45 | 17.74 | 17.96 | 18.31 | 18.70 | 19.15 | 19.63 | 20.14 | 20.69 | 21.29 | 21.91 | 22.55 | 23.21 | 23.92 | 24.65 | 25.40 | 26.18 | 27.00 | 27.84 |
| 1.074                    | 17.49 | 17.69 | 17.90 | 18.19 | 18.42 | 18.77 | 19.16 | 19.61 | 20.09 | 20.59 | 21.15 | 21.74 | 22.36 | 23.01 | 23.67 | 24.37 | 25.10 | 25.85 | 26.63 | 27.44 | 28.28 |
| 1.076                    | 17.93 | 18.14 | 18.35 | 18.64 | 18.87 | 19.22 | 19.62 | 20.07 | 20.55 | 21.05 | 21.61 | 22.20 | 22.82 | 23.46 | 24.12 | 24.82 | 25.55 | 26.29 | 27.07 | 27.88 | 28.71 |
| 1.078                    | 18.37 | 18.58 | 18.79 | 19.09 | 19.33 | 19.68 | 20.08 | 20.52 | 21.00 | 21.51 | 22.06 | 22.65 | 23.27 | 23.91 | 24.57 | 25.27 | 26.00 | 26.74 | 27.51 | 28.31 | 29.15 |
| 1.080                    | 18.81 | 19.03 | 19.24 | 19.53 | 19.78 | 20.13 | 20.53 | 20.98 | 21.46 | 21.96 | 22.52 | 23.11 | 23.72 | 24.36 | 25.02 | 25.72 | 26.44 | 27.18 | 27.95 | 28.75 | 29.58 |
| 1.082                    | 19.25 | 19.47 | 19.68 | 19.98 | 20.23 | 20.58 | 20.98 | 21.43 | 21.91 | 22.41 | 22.97 | 23.56 | 24.17 | 24.81 | 25.47 | 26.16 | 26.89 | 27.62 | 28.39 | 29.18 | 30.01 |
| 1.084                    | 19.69 | 19.91 | 20.13 | 20.42 | 20.68 | 21.03 | 21.43 | 21.88 | 22.36 | 22.87 | 23.42 | 24.01 | 24.62 | 25.26 | 25.91 | 26.61 | 27.33 | 28.06 | 28.83 | 29.62 | 30.43 |
| 1.086                    | 20.13 | 20.35 | 20.57 | 20.86 | 21.12 | 21.48 | 21.88 | 22.33 | 22.81 | 23.32 | 23.87 | 24.46 | 25.07 | 25.71 | 26.36 | 27.05 | 27.77 | 28.50 | 29.26 | 30.05 | 30.86 |
| 1.088                    | 20.56 | 20.79 | 21.01 | 21.30 | 21.57 | 21.93 | 22.33 | 22.78 | 23.26 | 23.76 | 24.32 | 24.90 | 25.51 | 26.15 | 26.80 | 27.49 | 28.21 | 28.94 | 29.70 | 30.48 | 31.29 |
| 1.090                    | 21.00 | 21.22 | 21.45 | 21.74 | 22.02 | 22.37 | 22.78 | 23.23 | 23.70 | 24.21 | 24.76 | 25.35 | 25.96 | 26.59 | 27.24 | 27.93 | 28.65 | 29.37 | 30.13 | 30.91 | 31.71 |
| 1.092                    | 21.43 | 21.66 | 21.88 | 22.18 | 22.46 | 22.82 | 23.22 | 23.67 | 24.15 | 24.66 | 25.21 | 25.79 | 26.40 | 27.03 | 27.68 | 28.37 | 29.08 | 29.80 | 30.56 | 31.34 | 32.13 |
| 1.094                    | 21.86 | 22.09 | 22.32 | 22.61 | 22.90 | 23.26 | 23.67 | 24.11 | 24.59 | 25.10 | 25.65 | 26.23 | 26.84 | 27.47 | 28.12 | 28.81 | 29.52 | 30.24 | 30.99 | 31.76 | 32.56 |
| 1.096                    | 22.29 | 22.53 | 22.75 | 23.05 | 23.34 | 23.70 | 24.11 | 24.56 | 25.04 | 25.54 | 26.09 | 26.67 | 27.28 | 27.91 | 28.56 | 29.24 | 29.95 | 30.67 | 31.42 | 32.19 | 32.98 |
| 1.098                    | 22.72 | 22.96 | 23.19 | 23.48 | 23.78 | 24.14 | 24.55 | 25.00 | 25.48 | 25.98 | 26.53 | 27.11 | 27.72 | 28.35 | 29.00 | 29.68 | 30.38 | 31.10 | 31.84 | 32.61 | 33.40 |
| 1.100                    | 23.14 | 23.39 | 23.62 | 23.91 | 24.22 | 24.58 | 24.99 | 25.44 | 25.92 | 26.42 | 26.97 | 27.55 | 28.15 | 28.79 | 29.43 | 30.11 | 30.81 | 31.53 | 32.27 | 33.03 | 33.81 |
| 1.102                    | 23.57 | 23.81 | 24.05 | 24.34 | 24.65 | 25.02 | 25.43 | 25.88 | 26.35 | 26.86 | 27.41 | 27.99 | 28.59 | 29.22 | 29.86 | 30.54 | 31.24 | 31.95 | 32.69 | 33.45 | 34.23 |
| 1.104                    | 23.99 | 24.24 | 24.48 | 24.77 | 25.09 | 25.46 | 25.87 | 26.31 | 26.79 | 27.30 | 27.85 | 28.42 | 29.02 | 29.65 | 30.30 | 30.97 | 31.67 | 32.38 | 33.12 | 33.87 | 34.65 |
| 1.106                    | 24.42 | 24.67 | 24.91 | 25.20 | 25.52 | 25.89 | 26.30 | 26.75 | 27.23 | 27.73 | 28.28 | 28.86 | 29.46 | 30.08 | 30.73 | 31.40 | 32.10 | 32.80 | 33.54 | 34.29 | 35.06 |
| 1.108                    | 24.84 | 25.09 | 25.33 | 25.62 | 25.96 | 26.32 | 26.74 | 27.18 | 27.66 | 28.17 | 28.72 | 29.29 | 29.89 | 30.51 | 31.16 | 31.83 | 32.52 | 33.23 | 33.96 | 34.71 | 35.47 |
| 1.110                    | 25.26 | 25.51 | 25.76 | 26.05 | 26.39 | 26.76 | 27.17 | 27.62 | 28.09 | 28.60 | 29.15 | 29.72 | 30.32 | 30.94 | 31.58 | 32.26 | 32.95 | 33.65 | 34.38 | 35.12 | 35.88 |
| 1.112                    | 25.68 | 25.94 | 26.18 | 26.47 | 26.82 | 27.19 | 27.60 | 28.05 | 28.52 | 29.03 | 29.58 | 30.15 | 30.74 | 31.37 | 32.01 | 32.68 | 33.37 | 34.07 | 34.79 | 35.54 | 36.30 |
| 1.114                    | 26.10 | 26.36 | 26.60 | 26.89 | 27.24 | 27.62 | 28.03 | 28.48 | 28.95 | 29.46 | 30.01 | 30.58 | 31.17 | 31.80 | 32.43 | 33.10 | 33.79 | 34.49 | 35.21 | 35.95 | 36.70 |
| 1.116                    | 26.52 | 26.78 | 27.02 | 27.31 | 27.67 | 28.04 | 28.46 | 28.91 | 29.38 | 29.89 | 30.44 | 31.01 | 31.60 | 32.22 | 32.86 | 33.52 | 34.21 | 34.91 | 35.63 | 36.36 | 37.11 |
| 1.118                    | 26.93 | 27.19 | 27.44 | 27.73 | 28.10 | 28.47 | 28.89 | 29.33 | 29.81 | 30.32 | 30.86 | 31.43 | 32.02 | 32.64 | 33.28 | 33.95 | 34.63 | 35.32 | 36.04 | 36.77 | 37.52 |
| 1.120                    | 27.35 | 27.61 | 27.86 | 28.15 | 28.52 | 28.90 | 29.31 | 29.76 | 30.24 | 30.75 | 31.29 | 31.86 | 32.45 | 33.07 | 33.70 | 34.36 | 35.04 | 35.74 | 36.45 | 37.18 | 37.93 |
| 1.122                    | 27.76 | 28.03 | 28.28 | 28.57 | 28.94 | 29.32 | 29.74 | 30.18 | 30.66 | 31.17 | 31.71 | 32.28 | 32.87 | 33.49 | 34.12 | 34.78 | 35.46 | 36.15 | 36.86 | 37.59 | 38.33 |
| 1.124                    | 28.18 | 28.44 | 28.69 | 28.99 | 29.37 | 29.74 | 30.16 | 30.61 | 31.08 | 31.59 | 32.13 | 32.70 | 33.29 | 33.91 | 34.54 | 35.20 | 35.87 | 36.56 | 37.27 | 38.00 | 38.73 |
| 1.126                    | 28.59 | 28.85 | 29.11 | 29.40 | 29.79 | 30.17 | 30.58 | 31.03 | 31.51 | 32.02 | 32.56 | 33.12 | 33.71 | 34.32 | 34.96 | 35.61 | 36.29 | 36.97 | 37.68 | 38.40 | 39.14 |
| 1.128                    | 29.00 | 29.27 | 29.52 | 29.81 | 30.21 | 30.59 | 31.00 | 31.45 | 31.93 | 32.44 | 32.98 | 33.54 | 34.12 | 34.74 | 35.37 | 36.03 | 36.70 | 37.38 | 38.09 | 38.81 | 39.54 |
| 1.130                    | 29.41 | 29.68 | 29.93 | 30.23 | 30.62 | 31.01 | 31.42 | 31.87 | 32.35 | 32.86 | 33.40 | 33.96 | 34.54 | 35.16 | 35.79 | 36.44 | 37.11 | 37.79 | 38.49 | 39.21 | 39.94 |
| 1.132                    | 29.82 | 30.09 | 30.34 | 30.64 | 31.04 | 31.42 | 31.84 | 32.29 | 32.76 | 33.27 | 33.81 | 34.37 | 34.96 | 35.57 | 36.20 | 36.85 | 37.52 | 38.20 | 38.90 | 39.61 | 40.34 |
| 1.134                    | 30.22 | 30.50 | 30.75 | 31.05 | 31.46 | 31.84 | 32.26 | 32.70 | 33.18 | 33.69 | 34.23 | 34.79 | 35.37 | 35.98 | 36.61 | 37.26 | 37.93 | 38.60 | 39.30 | 40.01 | 40.73 |
| 1.136                    | 30.63 | 30.90 | 31.16 | 31.46 | 31.87 | 32.25 | 32.67 | 33.12 | 33.60 | 34.11 | 34.64 | 35.20 | 35.78 | 36.40 | 37.02 | 37.67 | 38.33 | 39.01 | 39.70 | 40.41 | 41.13 |
| 1.138                    | 31.03 | 31.31 | 31.57 | 31.86 | 32.28 | 32.67 | 33.09 | 33.53 | 34.01 | 34.52 | 35.06 | 35.62 | 36.19 | 36.81 | 37.43 | 38.08 | 38.74 | 39.41 | 40.10 | 40.81 | 41.53 |

# Température

Masse  
volum.  
g/cm<sup>3</sup>

|       | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.140 | 31.44 | 31.71 | 31.98 | 32.27 | 32.69 | 33.08 | 33.50 | 33.95 | 34.42 | 34.93 | 35.47 | 36.03 | 36.60 | 37.21 | 37.84 | 38.48 | 39.14 | 39.81 | 40.50 | 41.21 | 41.92 |
| 1.142 | 31.84 | 32.12 | 32.38 | 32.68 | 33.10 | 33.49 | 33.91 | 34.36 | 34.84 | 35.35 | 35.88 | 36.44 | 37.01 | 37.62 | 38.24 | 38.89 | 39.54 | 40.22 | 40.90 | 41.60 | 42.31 |
| 1.144 | 32.24 | 32.52 | 32.79 | 33.08 | 33.51 | 33.90 | 34.33 | 34.77 | 35.25 | 35.76 | 36.29 | 36.85 | 37.42 | 38.03 | 38.65 | 39.29 | 39.95 | 40.61 | 41.30 | 42.00 | 42.71 |
| 1.146 | 32.64 | 32.92 | 33.19 | 33.48 | 33.92 | 34.31 | 34.73 | 35.18 | 35.66 | 36.17 | 36.70 | 37.25 | 37.83 | 38.43 | 39.05 | 39.69 | 40.35 | 41.01 | 41.70 | 42.39 | 43.10 |
| 1.148 | 33.04 | 33.32 | 33.59 | 33.89 | 34.33 | 34.72 | 35.14 | 35.59 | 36.06 | 36.57 | 37.11 | 37.66 | 38.23 | 38.84 | 39.46 | 40.09 | 40.74 | 41.41 | 42.09 | 42.78 | 43.49 |
| 1.150 | 33.44 | 33.72 | 33.99 | 34.29 | 34.74 | 35.13 | 35.55 | 36.00 | 36.47 | 36.98 | 37.51 | 38.07 | 38.64 | 39.24 | 39.86 | 40.49 | 41.14 | 41.81 | 42.49 | 43.18 | 43.88 |
| 1.152 | 33.84 | 34.12 | 34.39 | 34.69 | 35.14 | 35.53 | 35.96 | 36.40 | 36.88 | 37.39 | 37.92 | 38.47 | 39.04 | 39.64 | 40.26 | 40.89 | 41.54 | 42.20 | 42.88 | 43.57 | 44.26 |
| 1.154 | 34.23 | 34.52 | 34.79 | 35.09 | 35.54 | 35.94 | 36.36 | 36.81 | 37.28 | 37.79 | 38.32 | 38.87 | 39.44 | 40.04 | 40.66 | 41.29 | 41.93 | 42.60 | 43.27 | 43.96 | 44.65 |
| 1.156 | 34.63 | 34.92 | 35.19 | 35.49 | 35.95 | 36.34 | 36.76 | 37.21 | 37.68 | 38.19 | 38.72 | 39.27 | 39.84 | 40.44 | 41.05 | 41.69 | 42.33 | 42.99 | 43.66 | 44.34 | 45.04 |
| 1.158 | 35.02 | 35.31 | 35.59 | 35.89 | 36.35 | 36.74 | 37.17 | 37.61 | 38.09 | 38.60 | 39.13 | 39.67 | 40.24 | 40.84 | 41.45 | 42.08 | 42.72 | 43.38 | 44.05 | 44.73 | 45.42 |
| 1.160 | 35.42 | 35.71 | 35.98 | 36.28 | 36.75 | 37.14 | 37.57 | 38.01 | 38.49 | 39.00 | 39.53 | 40.07 | 40.64 | 41.24 | 41.85 | 42.48 | 43.11 | 43.77 | 44.44 | 45.12 | 45.81 |
| 1.162 | 35.81 | 36.10 | 36.38 | 36.68 | 37.15 | 37.54 | 37.97 | 38.41 | 38.89 | 39.40 | 39.93 | 40.47 | 41.04 | 41.63 | 42.24 | 42.87 | 43.50 | 44.16 | 44.82 | 45.50 | 46.19 |
| 1.164 | 36.20 | 36.49 | 36.77 | 37.07 | 37.54 | 37.94 | 38.37 | 38.81 | 39.29 | 39.80 | 40.32 | 40.87 | 41.43 | 42.03 | 42.63 | 43.26 | 43.89 | 44.55 | 45.21 | 45.89 | 46.57 |
| 1.166 | 36.59 | 36.88 | 37.16 | 37.47 | 37.94 | 38.34 | 38.76 | 39.21 | 39.68 | 40.19 | 40.72 | 41.26 | 41.83 | 42.42 | 43.03 | 43.65 | 44.28 | 44.93 | 45.59 | 46.27 | 46.95 |
| 1.168 | 36.98 | 37.27 | 37.55 | 37.86 | 38.33 | 38.73 | 39.16 | 39.61 | 40.08 | 40.59 | 41.12 | 41.66 | 42.22 | 42.81 | 43.42 | 44.04 | 44.67 | 45.32 | 45.98 | 46.65 | 47.33 |
| 1.170 | 37.37 | 37.66 | 37.95 | 38.25 | 38.73 | 39.13 | 39.56 | 40.00 | 40.48 | 40.98 | 41.51 | 42.05 | 42.61 | 43.20 | 43.81 | 44.43 | 45.06 | 45.70 | 46.36 | 47.03 | 47.71 |
| 1.172 | 37.76 | 38.05 | 38.34 | 38.64 | 39.12 | 39.52 | 39.95 | 40.40 | 40.87 | 41.38 | 41.90 | 42.44 | 43.00 | 43.59 | 44.19 | 44.81 | 45.44 | 46.09 | 46.74 | 47.41 | 48.09 |
| 1.174 | 38.14 | 38.44 | 38.72 | 39.03 | 39.51 | 39.92 | 40.34 | 40.79 | 41.26 | 41.77 | 42.30 | 42.84 | 43.39 | 43.98 | 44.58 | 45.20 | 45.83 | 46.47 | 47.12 | 47.79 | 48.46 |
| 1.176 | 38.53 | 38.82 | 39.11 | 39.42 | 39.91 | 40.31 | 40.74 | 41.18 | 41.66 | 42.16 | 42.69 | 43.23 | 43.78 | 44.37 | 44.97 | 45.58 | 46.21 | 46.85 | 47.50 | 48.17 | 48.84 |
| 1.178 | 38.91 | 39.21 | 39.50 | 39.81 | 40.30 | 40.70 | 41.13 | 41.57 | 42.05 | 42.55 | 43.08 | 43.61 | 44.17 | 44.76 | 45.35 | 45.97 | 46.59 | 47.23 | 47.88 | 48.54 | 49.21 |
| 1.180 | 39.30 | 39.59 | 39.89 | 40.20 | 40.68 | 41.09 | 41.52 | 41.96 | 42.44 | 42.94 | 43.46 | 44.00 | 44.56 | 45.14 | 45.74 | 46.35 | 46.97 | 47.61 | 48.26 | 48.92 | 49.59 |
| 1.182 | 39.68 | 39.98 | 40.27 | 40.59 | 41.07 | 41.48 | 41.91 | 42.35 | 42.82 | 43.33 | 43.85 | 44.39 | 44.94 | 45.53 | 46.12 | 46.73 | 47.35 | 47.99 | 48.63 | 49.29 | 49.96 |
| 1.184 | 40.06 | 40.36 | 40.66 | 40.97 | 41.46 | 41.86 | 42.29 | 42.74 | 43.21 | 43.72 | 44.24 | 44.77 | 45.33 | 45.91 | 46.50 | 47.11 | 47.73 | 48.36 | 49.01 | 49.66 | 50.33 |
| 1.186 | 40.44 | 40.74 | 41.04 | 41.36 | 41.84 | 42.25 | 42.68 | 43.13 | 43.60 | 44.10 | 44.62 | 45.16 | 45.71 | 46.29 | 46.88 | 47.49 | 48.11 | 48.74 | 49.38 | 50.04 | 50.70 |
| 1.188 | 40.82 | 41.12 | 41.42 | 41.74 | 42.23 | 42.64 | 43.07 | 43.51 | 43.98 | 44.49 | 45.01 | 45.54 | 46.09 | 46.67 | 47.26 | 47.87 | 48.48 | 49.11 | 49.75 | 50.41 | 51.07 |
| 1.190 | 41.20 | 41.50 | 41.80 | 42.12 | 42.61 | 43.02 | 43.45 | 43.90 | 44.37 | 44.87 | 45.39 | 45.92 | 46.47 | 47.05 | 47.64 | 48.25 | 48.86 | 49.49 | 50.13 | 50.78 | 51.44 |
| 1.192 | 41.58 | 41.88 | 42.18 | 42.51 | 42.99 | 43.40 | 43.83 | 44.28 | 44.75 | 45.26 | 45.77 | 46.31 | 46.85 | 47.43 | 48.02 | 48.62 | 49.23 | 49.86 | 50.50 | 51.15 | 51.81 |
| 1.194 | 41.96 | 42.26 | 42.56 | 42.89 | 43.38 | 43.79 | 44.22 | 44.66 | 45.13 | 45.64 | 46.15 | 46.69 | 47.23 | 47.81 | 48.39 | 49.00 | 49.60 | 50.23 | 50.87 | 51.51 | 52.17 |
| 1.196 | 42.33 | 42.64 | 42.94 | 43.27 | 43.76 | 44.17 | 44.60 | 45.04 | 45.52 | 46.02 | 46.53 | 47.07 | 47.61 | 48.19 | 48.77 | 49.37 | 49.98 | 50.60 | 51.24 | 51.88 | 52.54 |
| 1.198 | 42.71 | 43.01 | 43.32 | 43.65 | 44.14 | 44.55 | 44.98 | 45.42 | 45.90 | 46.40 | 46.91 | 47.44 | 47.99 | 48.56 | 49.14 | 49.74 | 50.35 | 50.97 | 51.60 | 52.25 | 52.90 |
| 1.200 | 43.08 | 43.39 | 43.70 | 44.03 | 44.51 | 44.93 | 45.36 | 45.80 | 46.27 | 46.78 | 47.29 | 47.82 | 48.36 | 48.94 | 49.52 | 50.11 | 50.72 | 51.34 | 51.97 | 52.61 | 53.27 |
| 1.202 | 43.46 | 43.76 | 44.07 | 44.41 | 44.89 | 45.30 | 45.73 | 46.18 | 46.65 | 47.15 | 47.67 | 48.20 | 48.74 | 49.31 | 49.89 | 50.49 | 51.09 | 51.71 | 52.34 | 52.98 | 53.63 |
| 1.204 | 43.83 | 44.14 | 44.45 | 44.79 | 45.27 | 45.68 | 46.11 | 46.56 | 47.03 | 47.53 | 48.04 | 48.57 | 49.11 | 49.68 | 50.26 | 50.85 | 51.45 | 52.07 | 52.70 | 53.34 | 53.99 |
| 1.206 | 44.20 | 44.51 | 44.83 | 45.16 | 45.64 | 46.06 | 46.49 | 46.94 | 47.41 | 47.91 | 48.42 | 48.94 | 49.49 | 50.05 | 50.63 | 51.22 | 51.82 | 52.44 | 53.06 | 53.70 | 54.35 |
| 1.208 | 44.57 | 44.88 | 45.20 | 45.54 | 46.02 | 46.43 | 46.86 | 47.31 | 47.78 | 48.28 | 48.79 | 49.32 | 49.86 | 50.42 | 51.00 | 51.59 | 52.19 | 52.80 | 53.43 | 54.06 | 54.71 |
| 1.210 | 44.94 | 45.25 | 45.57 | 45.91 | 46.39 | 46.81 | 47.24 | 47.68 | 48.16 | 48.66 | 49.17 | 49.69 | 50.23 | 50.79 | 51.37 | 51.96 | 52.55 | 53.17 | 53.79 | 54.42 | 55.07 |
| 1.212 | 45.31 | 45.63 | 45.94 | 46.29 | 46.76 | 47.18 | 47.61 | 48.06 | 48.53 | 49.03 | 49.54 | 50.06 | 50.60 | 51.16 | 51.73 | 52.32 | 52.92 | 53.53 | 54.15 | 54.78 | 55.43 |
| 1.214 | 45.68 | 46.00 | 46.32 | 46.66 | 47.14 | 47.55 | 47.98 | 48.43 | 48.90 | 49.40 | 49.91 | 50.43 | 50.97 | 51.53 | 52.10 | 52.69 | 53.28 | 53.89 | 54.51 | 55.14 | 55.78 |
| 1.216 | 46.05 | 46.36 | 46.69 | 47.04 | 47.51 | 47.92 | 48.35 | 48.80 | 49.27 | 49.77 | 50.28 | 50.80 | 51.34 | 51.90 | 52.46 | 53.05 | 53.64 | 54.25 | 54.87 | 55.50 | 56.14 |
| 1.218 | 46.41 | 46.73 | 47.06 | 47.41 | 47.88 | 48.29 | 48.72 | 49.17 | 49.64 | 50.14 | 50.65 | 51.17 | 51.70 | 52.26 | 52.83 | 53.41 | 54.00 | 54.61 | 55.23 | 55.85 | 56.49 |
| 1.220 | 46.78 | 47.10 | 47.43 | 47.78 | 48.24 | 48.66 | 49.09 | 49.54 | 50.01 | 50.51 | 51.01 | 51.53 | 52.07 | 52.63 | 53.19 | 53.78 | 54.36 | 54.97 | 55.58 | 56.21 | 56.85 |
| 1.222 | 47.15 | 47.47 | 47.79 | 48.15 | 48.61 | 49.03 | 49.46 | 49.91 | 50.38 | 50.88 | 51.38 | 51.90 | 52.44 | 52.99 | 53.55 | 54.14 | 54.72 | 55.33 | 55.94 | 56.56 | 57.20 |
| 1.224 | 47.51 | 47.83 | 48.16 | 48.52 | 48.98 | 49.40 | 49.83 | 50.28 | 50.75 | 51.24 | 51.75 | 52.27 | 52.80 | 53.35 | 53.92 | 54.50 | 55.08 | 55.68 | 56.29 | 56.92 | 57.55 |
| 1.226 | 47.87 | 48.20 | 48.53 | 48.89 | 49.35 | 49.76 | 50.19 | 50.64 | 51.11 | 51.61 | 52.11 | 52.63 | 53.16 | 53.71 | 54.28 | 54.86 | 55.44 | 56.04 | 56.65 | 57.27 | 57.90 |
| 1.228 | 48.24 | 48.56 | 48.89 | 49.26 | 49.71 | 50.13 | 50.56 | 51.01 | 51.48 | 51.97 | 52.48 | 52.99 | 53.52 | 54.08 | 54.64 | 55.21 | 55.79 | 56.39 | 57.00 | 57.62 | 58.25 |
| 1.230 | 48.60 | 48.92 | 49.26 | 49.63 | 50.07 | 50.49 | 50.92 | 51.37 | 51.84 | 52.34 | 52.84 | 53.35 | 53.89 | 54.44 | 54.99 | 55.57 | 56.15 | 56.75 | 57.35 | 57.97 | 58.60 |

| Messe volum. g/cm <sup>3</sup> | Température |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 0           | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
| 1.232                          | 48.96       | 49.28 | 49.62 | 49.99 | 50.44 | 50.86 | 51.29 | 51.74 | 52.21 | 52.70 | 53.20 | 53.72 | 54.25 | 54.79 | 55.35 | 55.93 | 56.50 | 57.10 | 57.71 | 58.32 | 58.95 |
| 1.234                          | 49.32       | 49.65 | 49.99 | 50.36 | 50.80 | 51.22 | 51.65 | 52.10 | 52.57 | 53.06 | 53.56 | 54.08 | 54.61 | 55.15 | 55.71 | 56.28 | 56.86 | 57.45 | 58.06 | 58.67 | 59.29 |
| 1.236                          | 49.68       | 50.01 | 50.35 | 50.73 | 51.16 | 51.58 | 52.01 | 52.46 | 52.93 | 53.42 | 53.92 | 54.44 | 54.96 | 55.51 | 56.06 | 56.64 | 57.21 | 57.80 | 58.41 | 59.02 | 59.64 |
| 1.238                          | 50.04       | 50.37 | 50.71 | 51.09 | 51.52 | 51.94 | 52.37 | 52.82 | 53.29 | 53.78 | 54.28 | 54.79 | 55.32 | 55.87 | 56.42 | 56.99 | 57.56 | 58.15 | 58.75 | 59.37 | 59.98 |
| 1.240                          | 50.39       | 50.73 | 51.07 | 51.46 | 51.88 | 52.30 | 52.73 | 53.18 | 53.65 | 54.14 | 54.64 | 55.15 | 55.68 | 56.22 | 56.77 | 57.34 | 57.91 | 58.50 | 59.10 | 59.71 | 60.33 |
| 1.242                          | 50.75       | 51.09 | 51.44 | 51.82 | 52.24 | 52.66 | 53.09 | 53.54 | 54.01 | 54.50 | 55.00 | 55.51 | 56.03 | 56.58 | 57.12 | 57.69 | 58.26 | 58.85 | 59.45 | 60.06 | 60.67 |
| 1.244                          | 51.11       | 51.44 | 51.79 | 52.18 | 52.60 | 53.02 | 53.45 | 53.90 | 54.37 | 54.86 | 55.35 | 55.86 | 56.39 | 56.93 | 57.48 | 58.04 | 58.61 | 59.20 | 59.80 | 60.40 | 61.01 |
| 1.246                          | 51.46       | 51.80 | 52.15 | 52.54 | 52.95 | 53.37 | 53.81 | 54.26 | 54.72 | 55.21 | 55.71 | 56.22 | 56.74 | 57.28 | 57.83 | 58.39 | 58.96 | 59.55 | 60.14 | 60.74 | 61.35 |
| 1.248                          | 51.82       | 52.16 | 52.51 | 52.90 | 53.31 | 53.73 | 54.16 | 54.61 | 55.08 | 55.57 | 56.06 | 56.57 | 57.10 | 57.63 | 58.18 | 58.74 | 59.31 | 59.89 | 60.48 | 61.09 | 61.70 |
| 1.250                          | 52.17       | 52.51 | 52.87 | 53.27 | 53.67 | 54.09 | 54.52 | 54.97 | 55.44 | 55.92 | 56.42 | 56.93 | 57.45 | 57.98 | 58.53 | 59.09 | 59.66 | 60.24 | 60.83 | 61.43 | 62.03 |
| 1.252                          | 52.52       | 52.87 | 53.23 | 53.63 | 54.02 | 54.44 | 54.87 | 55.32 | 55.79 | 56.28 | 56.77 | 57.28 | 57.80 | 58.33 | 58.88 | 59.44 | 60.00 | 60.58 | 61.17 | 61.77 | 62.37 |
| 1.254                          | 52.88       | 53.22 | 53.58 | 53.98 | 54.37 | 54.79 | 55.23 | 55.68 | 56.14 | 56.63 | 57.12 | 57.63 | 58.15 | 58.68 | 59.22 | 59.78 | 60.35 | 60.93 | 61.51 | 62.11 | 62.71 |
| 1.256                          | 53.23       | 53.57 | 53.94 | 54.34 | 54.73 | 55.15 | 55.58 | 56.03 | 56.50 | 56.98 | 57.47 | 57.98 | 58.50 | 59.03 | 59.57 | 60.13 | 60.69 | 61.27 | 61.85 | 62.45 | 63.05 |
| 1.258                          | 53.58       | 53.93 | 54.29 | 54.70 | 55.08 | 55.50 | 55.93 | 56.38 | 56.85 | 57.33 | 57.83 | 58.33 | 58.85 | 59.38 | 59.92 | 60.47 | 61.03 | 61.61 | 62.19 | 62.78 | 63.38 |
| 1.260                          | 53.93       | 54.28 | 54.65 | 55.06 | 55.43 | 55.85 | 56.28 | 56.73 | 57.20 | 57.68 | 58.17 | 58.68 | 59.20 | 59.73 | 60.26 | 60.82 | 61.38 | 61.95 | 62.53 | 63.12 | 63.72 |
| 1.262                          | 54.28       | 54.63 | 55.00 | 55.41 | 55.78 | 56.20 | 56.63 | 57.08 | 57.55 | 58.03 | 58.52 | 59.03 | 59.54 | 60.07 | 60.61 | 61.16 | 61.72 | 62.29 | 62.87 | 63.46 | 64.05 |
| 1.264                          | 54.63       | 54.98 | 55.35 | 55.77 | 56.13 | 56.55 | 56.98 | 57.43 | 57.90 | 58.38 | 58.87 | 59.37 | 59.89 | 60.42 | 60.95 | 61.50 | 62.06 | 62.63 | 63.21 | 63.79 | 64.38 |
| 1.266                          | 54.97       | 55.33 | 55.70 | 56.12 | 56.48 | 56.90 | 57.33 | 57.78 | 58.25 | 58.73 | 59.22 | 59.72 | 60.24 | 60.76 | 61.29 | 61.84 | 62.40 | 62.97 | 63.54 | 64.13 | 64.71 |
| 1.268                          | 55.32       | 55.68 | 56.05 | 56.48 | 56.82 | 57.25 | 57.68 | 58.13 | 58.59 | 59.07 | 59.56 | 60.06 | 60.58 | 61.10 | 61.64 | 62.19 | 62.74 | 63.31 | 63.88 | 64.46 | 65.04 |
| 1.270                          | 55.67       | 56.03 | 56.40 | 56.83 | 57.17 | 57.59 | 58.03 | 58.48 | 58.94 | 59.42 | 59.91 | 60.41 | 60.92 | 61.45 | 61.98 | 62.53 | 63.08 | 63.64 | 64.22 | 64.79 | 65.37 |
| 1.272                          | 56.01       | 56.37 | 56.75 | 57.18 | 57.52 | 57.94 | 58.37 | 58.82 | 59.29 | 59.76 | 60.25 | 60.75 | 61.27 | 61.79 | 62.32 | 62.86 | 63.42 | 63.98 | 64.55 | 65.12 | 65.70 |
| 1.274                          | 56.36       | 56.72 | 57.10 | 57.53 | 57.86 | 58.28 | 58.72 | 59.17 | 59.63 | 60.11 | 60.60 | 61.10 | 61.61 | 62.13 | 62.66 | 63.20 | 63.75 | 64.32 | 64.88 | 65.46 | 66.03 |
| 1.276                          | 56.70       | 57.06 | 57.45 | 57.88 | 58.21 | 58.63 | 59.06 | 59.51 | 59.98 | 60.45 | 60.94 | 61.44 | 61.95 | 62.47 | 63.00 | 63.54 | 64.09 | 64.65 | 65.22 | 65.79 | 66.36 |
| 1.278                          | 57.05       | 57.41 | 57.80 | 58.23 | 58.55 | 58.97 | 59.40 | 59.86 | 60.32 | 60.80 | 61.28 | 61.78 | 62.29 | 62.81 | 63.33 | 63.88 | 64.42 | 64.98 | 65.55 | 66.12 | 66.68 |
| 1.280                          | 57.39       | 57.75 | 58.14 | 58.58 | 58.89 | 59.32 | 59.75 | 60.20 | 60.66 | 61.14 | 61.62 | 62.12 | 62.63 | 63.15 | 63.67 | 64.21 | 64.76 | 65.32 | 65.88 | 66.44 | 67.01 |
| 1.282                          | 57.73       | 58.10 | 58.49 | 58.93 | 59.24 | 59.66 | 60.09 | 60.54 | 61.00 | 61.48 | 61.96 | 62.46 | 62.97 | 63.49 | 64.01 | 64.55 | 65.09 | 65.65 | 66.21 | 66.77 | 67.33 |
| 1.284                          | 58.07       | 58.44 | 58.84 | 59.28 | 59.58 | 60.00 | 60.43 | 60.88 | 61.34 | 61.82 | 62.30 | 62.80 | 63.31 | 63.82 | 64.34 | 64.88 | 65.43 | 65.98 | 66.54 | 67.10 | 67.66 |
| 1.286                          | 58.41       | 58.78 | 59.18 | 59.62 | 59.92 | 60.34 | 60.77 | 61.22 | 61.69 | 62.16 | 62.64 | 63.14 | 63.65 | 64.16 | 64.68 | 65.22 | 65.76 | 66.31 | 66.87 | 67.42 | 67.98 |
| 1.288                          | 58.75       | 59.12 | 59.52 | 59.97 | 60.26 | 60.68 | 61.11 | 61.56 | 62.02 | 62.50 | 62.98 | 63.47 | 63.98 | 64.49 | 65.01 | 65.55 | 66.09 | 66.64 | 67.19 | 67.75 | 68.30 |
| 1.290                          | 59.09       | 59.47 | 59.87 | 60.31 | 60.60 | 61.02 | 61.45 | 61.90 | 62.36 | 62.83 | 63.32 | 63.81 | 64.32 | 64.83 | 65.35 | 65.88 | 66.42 | 66.97 | 67.52 | 68.07 | 68.62 |
| 1.292                          | 59.43       | 59.81 | 60.21 | 60.66 | 60.94 | 61.36 | 61.79 | 62.24 | 62.70 | 63.17 | 63.65 | 64.15 | 64.65 | 65.16 | 65.68 | 66.21 | 66.75 | 67.30 | 67.85 | 68.40 | 68.94 |
| 1.294                          | 59.76       | 60.14 | 60.55 | 61.00 | 61.27 | 61.70 | 62.13 | 62.58 | 63.04 | 63.51 | 63.99 | 64.48 | 64.99 | 65.50 | 66.01 | 66.54 | 67.08 | 67.63 | 68.17 | 68.72 | 69.26 |
| 1.296                          | 60.10       | 60.48 | 60.89 | 61.34 | 61.61 | 62.03 | 62.46 | 62.92 | 63.37 | 63.84 | 64.32 | 64.81 | 65.32 | 65.83 | 66.34 | 66.88 | 67.41 | 67.95 | 68.50 | 69.04 | 69.58 |
| 1.298                          | 60.44       | 60.82 | 61.23 | 61.68 | 61.95 | 62.37 | 62.80 | 63.25 | 63.71 | 64.18 | 64.66 | 65.15 | 65.65 | 66.16 | 66.67 | 67.20 | 67.74 | 68.28 | 68.82 | 69.36 | 69.89 |
| 1.300                          | 60.77       | 61.16 | 61.57 | 62.03 | 62.28 | 62.70 | 63.13 | 63.59 | 64.04 | 64.51 | 64.99 | 65.48 | 65.99 | 66.49 | 67.00 | 67.53 | 68.07 | 68.61 | 69.15 | 69.68 | 70.21 |
| 1.302                          | 61.11       | 61.49 | 61.91 | 62.37 | 62.62 | 63.04 | 63.47 | 63.92 | 64.38 | 64.85 | 65.33 | 65.81 | 66.32 | 66.82 | 67.33 | 67.86 | 68.39 | 68.93 | 69.47 | 70.00 | 70.52 |
| 1.304                          | 61.44       | 61.83 | 62.24 | 62.70 | 62.95 | 63.37 | 63.80 | 64.26 | 64.71 | 65.18 | 65.66 | 66.14 | 66.65 | 67.15 | 67.66 | 68.19 | 68.72 | 69.26 | 69.79 | 70.32 | 70.84 |
| 1.306                          | 61.77       | 62.16 | 62.58 | 63.04 | 63.28 | 63.71 | 64.14 | 64.59 | 65.04 | 65.51 | 65.99 | 66.47 | 66.98 | 67.48 | 67.99 | 68.52 | 69.05 | 69.58 | 70.11 | 70.64 | 71.15 |
| 1.308                          | 62.10       | 62.50 | 62.91 | 63.38 | 63.62 | 64.04 | 64.47 | 64.92 | 65.38 | 65.84 | 66.32 | 66.80 | 67.31 | 67.81 | 68.32 | 68.84 | 69.37 | 69.90 | 70.43 | 70.96 | 71.46 |
| 1.310                          | 62.44       | 62.83 | 63.25 | 63.72 | 63.95 | 64.37 | 64.80 | 65.25 | 65.71 | 66.17 | 66.65 | 67.13 | 67.64 | 68.14 | 68.64 | 69.17 | 69.70 | 70.23 | 70.75 | 71.27 | 71.77 |
| 1.312                          | 62.77       | 63.16 | 63.58 | 64.05 | 64.28 | 64.70 | 65.13 | 65.58 | 66.04 | 66.50 | 66.98 | 67.46 | 67.96 | 68.46 | 68.97 | 69.49 | 70.02 | 70.55 | 71.07 | 71.59 | 72.09 |
| 1.314                          | 63.10       | 63.50 | 63.92 | 64.39 | 64.61 | 65.03 | 65.46 | 65.91 | 66.37 | 66.83 | 67.31 | 67.79 | 68.29 | 68.79 | 69.30 | 69.82 | 70.34 | 70.87 | 71.39 | 71.90 | 72.40 |
| 1.316                          | 63.43       | 63.83 | 64.25 | 64.72 | 64.94 | 65.36 | 65.79 | 66.24 | 66.70 | 67.16 | 67.63 | 68.12 | 68.62 | 69.11 | 69.62 | 70.14 | 70.66 | 71.19 | 71.71 | 72.22 | 72.70 |
| 1.318                          | 63.75       | 64.16 | 64.58 | 65.05 | 65.27 | 65.69 | 66.12 | 66.57 | 67.02 | 67.48 | 67.96 | 68.44 | 68.94 | 69.44 | 69.94 | 70.46 | 70.99 | 71.51 | 72.02 | 72.53 | 73.01 |
| 1.320                          | 64.08       | 64.49 | 64.91 | 65.39 | 65.60 | 66.02 | 66.45 | 66.90 | 67.35 | 67.81 | 68.29 | 68.77 | 69.27 | 69.76 | 70.27 | 70.78 | 71.31 | 71.83 | 72.34 | 72.84 | 73.32 |
| 1.322                          | 64.41       | 64.82 | 65.24 | 65.72 | 65.93 | 66.35 | 66.77 | 67.23 | 67.68 | 68.14 | 68.61 | 69.09 | 69.59 | 70.09 | 70.59 | 71.11 | 71.63 | 72.15 | 72.66 | 73.15 | 73.63 |

# Température

Masse  
volum.  
g/cm<sup>3</sup>

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.324 | 64.73 | 65.14 | 65.57 | 66.05 | 66.25 | 66.67 | 67.10 | 67.55 | 68.00 | 68.46 | 68.94 | 69.42 | 69.91 | 70.41 | 70.91 | 71.43 | 71.95 | 72.46 | 72.97 | 73.46 | 73.93 |
| 1.326 | 65.06 | 65.47 | 65.90 | 66.38 | 66.58 | 67.00 | 67.43 | 67.88 | 68.33 | 68.79 | 69.26 | 69.74 | 70.24 | 70.73 | 71.23 | 71.75 | 72.27 | 72.78 | 73.29 | 73.77 | 74.24 |
| 1.328 | 65.38 | 65.80 | 66.23 | 66.70 | 66.91 | 67.33 | 67.75 | 68.20 | 68.65 | 69.11 | 69.58 | 70.06 | 70.56 | 71.05 | 71.55 | 72.07 | 72.58 | 73.10 | 73.60 | 74.08 | 74.54 |
| 1.330 | 65.71 | 66.12 | 66.55 | 67.03 | 67.23 | 67.65 | 68.08 | 68.53 | 68.98 | 69.43 | 69.91 | 70.38 | 70.88 | 71.37 | 71.88 | 72.39 | 72.90 | 73.41 | 73.91 | 74.39 | 74.84 |
| 1.332 | 66.03 | 66.45 | 66.88 | 67.36 | 67.56 | 67.97 | 68.40 | 68.85 | 69.30 | 69.76 | 70.23 | 70.71 | 71.20 | 71.69 | 72.19 | 72.70 | 73.22 | 73.73 | 74.22 | 74.70 | 75.15 |
| 1.334 | 66.35 | 66.77 | 67.20 | 67.68 | 67.88 | 68.30 | 68.72 | 69.17 | 69.62 | 70.08 | 70.55 | 71.03 | 71.52 | 72.01 | 72.51 | 73.02 | 73.54 | 74.04 | 74.54 | 75.01 | 75.45 |
| 1.336 | 66.67 | 67.10 | 67.53 | 68.01 | 68.20 | 68.62 | 69.05 | 69.50 | 69.95 | 70.40 | 70.87 | 71.35 | 71.84 | 72.33 | 72.83 | 73.34 | 73.85 | 74.36 | 74.85 | 75.32 | 75.75 |
| 1.338 | 67.00 | 67.42 | 67.85 | 68.33 | 68.53 | 68.94 | 69.37 | 69.82 | 70.27 | 70.72 | 71.19 | 71.67 | 72.16 | 72.65 | 73.15 | 73.66 | 74.17 | 74.67 | 75.16 | 75.62 | 76.05 |
| 1.340 | 67.32 | 67.74 | 68.17 | 68.65 | 68.85 | 69.26 | 69.69 | 70.14 | 70.59 | 71.04 | 71.51 | 71.98 | 72.48 | 72.97 | 73.47 | 73.97 | 74.48 | 74.98 | 75.47 | 75.93 | 76.35 |
| 1.342 | 67.63 | 68.06 | 68.50 | 68.97 | 69.17 | 69.59 | 70.01 | 70.46 | 70.91 | 71.36 | 71.83 | 72.30 | 72.80 | 73.28 | 73.78 | 74.29 | 74.80 | 75.29 | 75.78 | 76.23 | 76.65 |
| 1.344 | 67.95 | 68.38 | 68.82 | 69.29 | 69.49 | 69.91 | 70.33 | 70.78 | 71.22 | 71.68 | 72.14 | 72.62 | 73.11 | 73.60 | 74.10 | 74.60 | 75.11 | 75.61 | 76.08 | 76.54 | 76.94 |
| 1.346 | 68.27 | 68.70 | 69.14 | 69.61 | 69.81 | 70.23 | 70.65 | 71.10 | 71.54 | 71.99 | 72.46 | 72.94 | 73.43 | 73.92 | 74.41 | 74.92 | 75.42 | 75.92 | 76.39 | 76.84 | 77.24 |
| 1.348 | 68.59 | 69.02 | 69.45 | 69.93 | 70.13 | 70.55 | 70.97 | 71.42 | 71.86 | 72.31 | 72.78 | 73.25 | 73.74 | 74.23 | 74.73 | 75.23 | 75.74 | 76.23 | 76.70 | 77.14 | 77.54 |
| 1.350 | 68.90 | 69.34 | 69.77 | 70.25 | 70.45 | 70.86 | 71.29 | 71.73 | 72.18 | 72.63 | 73.09 | 73.57 | 74.06 | 74.55 | 75.04 | 75.54 | 76.05 | 76.54 | 77.01 | 77.44 | 77.83 |
| 1.352 | 69.22 | 69.65 | 70.09 | 70.56 | 70.77 | 71.18 | 71.61 | 72.05 | 72.49 | 72.94 | 73.41 | 73.88 | 74.37 | 74.86 | 75.36 | 75.86 | 76.36 | 76.85 | 77.31 | 77.74 | 78.13 |
| 1.354 | 69.53 | 69.97 | 70.40 | 70.88 | 71.08 | 71.50 | 71.92 | 72.37 | 72.81 | 73.26 | 73.72 | 74.20 | 74.69 | 75.17 | 75.67 | 76.17 | 76.67 | 77.16 | 77.62 | 78.04 | 78.42 |
| 1.356 | 69.85 | 70.28 | 70.72 | 71.19 | 71.40 | 71.82 | 72.24 | 72.68 | 73.12 | 73.57 | 74.04 | 74.51 | 75.00 | 75.49 | 75.98 | 76.48 | 76.98 | 77.46 | 77.92 | 78.34 | 78.72 |
| 1.358 | 70.16 | 70.60 | 71.03 | 71.50 | 71.72 | 72.13 | 72.55 | 73.00 | 73.44 | 73.89 | 74.35 | 74.82 | 75.31 | 75.80 | 76.29 | 76.79 | 77.29 | 77.77 | 78.23 | 78.64 | 79.01 |
| 1.360 | 70.47 | 70.91 | 71.35 | 71.82 | 72.03 | 72.45 | 72.87 | 73.31 | 73.75 | 74.20 | 74.66 | 75.13 | 75.62 | 76.11 | 76.61 | 77.10 | 77.60 | 78.08 | 78.53 | 78.94 | 79.30 |
| 1.362 | 70.78 | 71.22 | 71.66 | 72.13 | 72.35 | 72.76 | 73.18 | 73.63 | 74.07 | 74.51 | 74.97 | 75.45 | 75.93 | 76.42 | 76.92 | 77.41 | 77.91 | 78.39 | 78.83 | 79.24 | 79.59 |
| 1.364 | 71.09 | 71.54 | 71.97 | 72.44 | 72.66 | 73.08 | 73.50 | 73.94 | 74.38 | 74.82 | 75.29 | 75.76 | 76.25 | 76.73 | 77.23 | 77.72 | 78.22 | 78.69 | 79.14 | 79.54 | 79.88 |
| 1.366 | 71.40 | 71.85 | 72.28 | 72.74 | 72.96 | 73.39 | 73.81 | 74.25 | 74.69 | 75.13 | 75.60 | 76.07 | 76.56 | 77.04 | 77.54 | 78.03 | 78.52 | 79.00 | 79.44 | 79.84 | 80.17 |
| 1.368 | 71.71 | 72.16 | 72.59 | 73.05 | 73.29 | 73.70 | 74.12 | 74.56 | 75.00 | 75.44 | 75.91 | 76.38 | 76.86 | 77.35 | 77.85 | 78.34 | 78.83 | 79.30 | 79.74 | 80.13 | 80.46 |
| 1.370 | 72.02 | 72.47 | 72.90 | 73.36 | 73.60 | 74.02 | 74.44 | 74.88 | 75.31 | 75.75 | 76.22 | 76.69 | 77.17 | 77.66 | 78.15 | 78.65 | 79.14 | 79.61 | 80.04 | 80.43 | 80.75 |
| 1.372 | 72.33 | 72.77 | 73.20 | 73.66 | 73.91 | 74.33 | 74.75 | 75.19 | 75.62 | 76.06 | 76.52 | 77.00 | 77.48 | 77.97 | 78.46 | 78.96 | 79.44 | 79.91 | 80.34 | 80.72 | 81.04 |
| 1.374 | 72.64 | 73.08 | 73.51 | 73.96 | 74.23 | 74.64 | 75.06 | 75.50 | 75.93 | 76.37 | 76.83 | 77.30 | 77.79 | 78.27 | 78.77 | 79.26 | 79.75 | 80.21 | 80.64 | 81.02 | 81.33 |
| 1.376 | 72.94 | 73.39 | 73.82 | 74.27 | 74.54 | 74.95 | 75.37 | 75.81 | 76.24 | 76.68 | 77.14 | 77.61 | 78.10 | 78.58 | 79.08 | 79.57 | 80.05 | 80.52 | 80.94 | 81.31 | 81.62 |
| 1.378 | 73.25 | 73.69 | 74.12 | 74.57 | 74.85 | 75.26 | 75.68 | 76.11 | 76.55 | 76.99 | 77.45 | 77.92 | 78.40 | 78.89 | 79.38 | 79.87 | 80.36 | 80.82 | 81.24 | 81.61 | 81.90 |
| 1.380 | 73.55 | 74.00 | 74.42 | 74.87 | 75.16 | 75.57 | 75.99 | 76.42 | 76.85 | 77.29 | 77.75 | 78.22 | 78.71 | 79.19 | 79.69 | 80.18 | 80.66 | 81.12 | 81.54 | 81.90 | 82.19 |
| 1.382 | 73.85 | 74.30 | 74.72 | 75.16 | 75.47 | 75.88 | 76.30 | 76.73 | 77.16 | 77.60 | 78.06 | 78.53 | 79.01 | 79.50 | 79.99 | 80.49 | 80.97 | 81.42 | 81.83 | 82.19 | 82.47 |
| 1.384 | 74.16 | 74.60 | 75.02 | 75.46 | 75.77 | 76.19 | 76.60 | 77.04 | 77.47 | 77.91 | 78.36 | 78.83 | 79.32 | 79.80 | 80.30 | 80.79 | 81.27 | 81.72 | 82.13 | 82.48 | 82.76 |
| 1.386 | 74.46 | 74.90 | 75.32 | 75.76 | 76.08 | 76.49 | 76.91 | 77.34 | 77.77 | 78.21 | 78.67 | 79.14 | 79.62 | 80.11 | 80.60 | 81.09 | 81.57 | 82.02 | 82.43 | 82.77 | 83.04 |
| 1.388 | 74.76 | 75.20 | 75.62 | 76.05 | 76.39 | 76.80 | 77.22 | 77.65 | 78.08 | 78.52 | 78.97 | 79.44 | 79.93 | 80.41 | 80.91 | 81.40 | 81.87 | 82.32 | 82.72 | 83.06 | 83.33 |
| 1.390 | 75.06 | 75.50 | 75.92 | 76.35 | 76.70 | 77.11 | 77.52 | 77.95 | 78.38 | 78.82 | 79.27 | 79.74 | 80.23 | 80.71 | 81.21 | 81.70 | 82.18 | 82.62 | 83.02 | 83.36 | 83.61 |
| 1.392 | 75.36 | 75.80 | 76.22 | 76.64 | 77.00 | 77.41 | 77.83 | 78.26 | 78.68 | 79.12 | 79.58 | 80.05 | 80.53 | 81.01 | 81.51 | 82.00 | 82.48 | 82.92 | 83.32 | 83.65 | 83.90 |
| 1.394 | 75.65 | 76.10 | 76.51 | 76.93 | 77.31 | 77.72 | 78.13 | 78.56 | 78.99 | 79.43 | 79.88 | 80.35 | 80.83 | 81.32 | 81.82 | 82.30 | 82.78 | 83.22 | 83.61 | 83.93 | 84.18 |
| 1.396 | 75.95 | 76.39 | 76.80 | 77.22 | 77.62 | 78.03 | 78.44 | 78.87 | 79.29 | 79.73 | 80.18 | 80.65 | 81.13 | 81.62 | 82.12 | 82.61 | 83.08 | 83.52 | 83.90 | 84.22 | 84.46 |
| 1.398 | 76.25 | 76.69 | 77.10 | 77.50 | 77.92 | 78.33 | 78.74 | 79.17 | 79.59 | 80.03 | 80.48 | 80.95 | 81.43 | 81.92 | 82.42 | 82.91 | 83.38 | 83.81 | 84.20 | 84.51 | 84.74 |
| 1.400 | 76.54 | 76.98 | 77.39 | 77.79 | 78.23 | 78.63 | 79.05 | 79.47 | 79.89 | 80.33 | 80.78 | 81.25 | 81.73 | 82.22 | 82.72 | 83.21 | 83.68 | 84.11 | 84.49 | 84.80 | 85.02 |
| 1.402 | 76.84 | 77.28 | 77.68 | 78.08 | 78.53 | 78.94 | 79.35 | 79.77 | 80.19 | 80.63 | 81.08 | 81.55 | 82.03 | 82.52 | 83.02 | 83.51 | 83.98 | 84.41 | 84.78 | 85.09 | 85.31 |
| 1.404 | 77.13 | 77.57 | 77.97 | 78.36 | 78.83 | 79.24 | 79.65 | 80.07 | 80.49 | 80.93 | 81.38 | 81.85 | 82.33 | 82.82 | 83.32 | 83.81 | 84.27 | 84.70 | 85.08 | 85.38 | 85.59 |
| 1.406 | 77.42 | 77.86 | 78.25 | 78.64 | 79.14 | 79.54 | 79.95 | 80.37 | 80.79 | 81.23 | 81.68 | 82.15 | 82.63 | 83.12 | 83.62 | 84.11 | 84.57 | 85.00 | 85.37 | 85.66 | 85.87 |
| 1.408 | 77.71 | 78.15 | 78.54 | 78.92 | 79.44 | 79.85 | 80.25 | 80.67 | 81.09 | 81.53 | 81.97 | 82.45 | 82.93 | 83.41 | 83.92 | 84.41 | 84.87 | 85.29 | 85.66 | 85.95 | 86.15 |
| 1.410 | 78.00 | 78.44 | 78.83 | 79.20 | 79.74 | 80.15 | 80.56 | 80.97 | 81.39 | 81.82 | 82.27 | 82.74 | 83.23 | 83.71 | 84.22 | 84.71 | 85.17 | 85.59 | 85.95 | 86.23 | 86.43 |
| 1.412 | 78.29 | 78.73 | 79.11 | 79.48 | 80.04 | 80.45 | 80.86 | 81.27 | 81.68 | 82.12 | 82.57 | 83.04 | 83.52 | 84.01 | 84.51 | 85.00 | 85.46 | 85.88 | 86.24 | 86.52 | 86.71 |
| 1.414 | 78.58 | 79.01 | 79.39 | 79.75 | 80.34 | 80.75 | 81.16 | 81.57 | 81.98 | 82.42 | 82.86 | 83.34 | 83.82 | 84.31 | 84.81 | 85.30 | 85.76 | 86.18 | 86.53 | 86.81 | 86.99 |

# Température

| Messe<br>volum.<br>g/cm3 | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.416                    | 78.87 | 79.30 | 79.67 | 80.03 | 80.64 | 81.05 | 81.45 | 81.87 | 82.28 | 82.71 | 83.16 | 83.63 | 84.12 | 84.60 | 85.11 | 85.60 | 86.06 | 86.47 | 86.82 | 87.09 | 87.27 |
| 1.418                    | 79.16 | 79.58 | 79.95 | 80.30 | 80.94 | 81.35 | 81.75 | 82.16 | 82.57 | 83.01 | 83.45 | 83.93 | 84.41 | 84.90 | 85.41 | 85.89 | 86.35 | 86.76 | 87.11 | 87.38 | 87.55 |
| 1.420                    | 79.44 | 79.86 | 80.23 | 80.57 | 81.24 | 81.65 | 82.05 | 82.46 | 82.87 | 83.30 | 83.75 | 84.22 | 84.71 | 85.19 | 85.70 | 86.19 | 86.65 | 87.06 | 87.40 | 87.66 | 87.83 |
| 1.422                    | 79.73 | 80.15 | 80.51 | 80.84 | 81.54 | 81.94 | 82.35 | 82.76 | 83.16 | 83.60 | 84.04 | 84.52 | 85.00 | 85.49 | 86.00 | 86.49 | 86.94 | 87.35 | 87.69 | 87.94 | 88.10 |
| 1.424                    | 80.01 | 80.43 | 80.78 | 81.11 | 81.84 | 82.24 | 82.65 | 83.05 | 83.46 | 83.89 | 84.33 | 84.81 | 85.29 | 85.78 | 86.29 | 86.78 | 87.23 | 87.64 | 87.98 | 88.23 | 88.38 |
| 1.426                    | 80.29 | 80.70 | 81.06 | 81.38 | 82.14 | 82.54 | 82.94 | 83.35 | 83.75 | 84.19 | 84.62 | 85.10 | 85.59 | 86.08 | 86.59 | 87.08 | 87.53 | 87.93 | 88.27 | 88.51 | 88.66 |
| 1.428                    | 80.58 | 80.98 | 81.33 | 81.64 | 82.44 | 82.84 | 83.24 | 83.64 | 84.04 | 84.48 | 84.92 | 85.40 | 85.88 | 86.37 | 86.88 | 87.37 | 87.82 | 88.22 | 88.55 | 88.79 | 88.94 |
| 1.430                    | 80.86 | 81.26 | 81.60 | 81.91 | 82.73 | 83.13 | 83.53 | 83.93 | 84.33 | 84.77 | 85.21 | 85.69 | 86.17 | 86.66 | 87.17 | 87.67 | 88.11 | 88.51 | 88.84 | 89.08 | 89.22 |
| 1.432                    | 81.14 | 81.53 | 81.87 | 82.17 | 83.03 | 83.43 | 83.83 | 84.23 | 84.63 | 85.06 | 85.50 | 85.98 | 86.46 | 86.95 | 87.47 | 87.96 | 88.41 | 88.80 | 89.13 | 89.36 | 89.50 |
| 1.434                    | 81.41 | 81.81 | 82.14 | 82.43 | 83.32 | 83.72 | 84.12 | 84.52 | 84.92 | 85.35 | 85.79 | 86.27 | 86.76 | 87.24 | 87.76 | 88.25 | 88.70 | 89.09 | 89.41 | 89.64 | 89.78 |
| 1.436                    | 81.69 | 82.08 | 82.41 | 82.69 | 83.62 | 84.02 | 84.42 | 84.81 | 85.21 | 85.64 | 86.08 | 86.56 | 87.05 | 87.54 | 88.05 | 88.55 | 88.99 | 89.38 | 89.70 | 89.92 | 90.05 |
| 1.438                    | 81.97 | 82.35 | 82.67 | 82.95 | 83.91 | 84.31 | 84.71 | 85.10 | 85.50 | 85.93 | 86.36 | 86.85 | 87.34 | 87.83 | 88.34 | 88.84 | 89.28 | 89.67 | 89.99 | 90.21 | 90.33 |
| 1.440                    | 82.24 | 82.62 | 82.93 | 83.20 | 84.21 | 84.61 | 85.00 | 85.39 | 85.79 | 86.22 | 86.65 | 87.14 | 87.63 | 88.12 | 88.63 | 89.13 | 89.57 | 89.96 | 90.27 | 90.49 | 90.61 |
| 1.442                    | 82.52 | 82.89 | 83.20 | 83.45 | 84.50 | 84.90 | 85.30 | 85.68 | 86.07 | 86.51 | 86.94 | 87.43 | 87.92 | 88.41 | 88.92 | 89.42 | 89.86 | 90.25 | 90.56 | 90.77 | 90.89 |
| 1.444                    | 82.79 | 83.16 | 83.46 | 83.71 | 84.80 | 85.19 | 85.59 | 85.97 | 86.36 | 86.80 | 87.23 | 87.72 | 88.20 | 88.70 | 89.21 | 89.71 | 90.15 | 90.54 | 90.84 | 91.05 | 91.17 |
| 1.446                    | 83.06 | 83.43 | 83.72 | 83.96 | 85.09 | 85.49 | 85.88 | 86.26 | 86.65 | 87.08 | 87.51 | 88.00 | 88.49 | 88.98 | 89.50 | 90.01 | 90.44 | 90.82 | 91.13 | 91.33 | 91.45 |
| 1.448                    | 83.33 | 83.69 | 83.97 | 84.20 | 85.38 | 85.78 | 86.17 | 86.55 | 86.94 | 87.37 | 87.80 | 88.29 | 88.78 | 89.27 | 89.79 | 90.30 | 90.73 | 91.11 | 91.41 | 91.61 | 91.73 |
| 1.450                    | 83.60 | 83.95 | 84.23 | 84.45 | 85.68 | 86.07 | 86.46 | 86.84 | 87.22 | 87.66 | 88.08 | 88.58 | 89.07 | 89.56 | 90.08 | 90.59 | 91.02 | 91.40 | 91.69 | 91.90 | 92.01 |
| 1.452                    | 83.87 | 84.21 | 84.48 | 84.70 | 85.97 | 86.36 | 86.75 | 87.13 | 87.51 | 87.94 | 88.37 | 88.86 | 89.35 | 89.85 | 90.37 | 90.88 | 91.31 | 91.68 | 91.98 | 92.18 | 92.29 |
| 1.454                    | 84.14 | 84.47 | 84.74 | 84.94 | 86.26 | 86.65 | 87.04 | 87.42 | 87.79 | 88.23 | 88.65 | 89.15 | 89.64 | 90.13 | 90.66 | 91.17 | 91.60 | 91.97 | 92.26 | 92.46 | 92.57 |
| 1.456                    | 84.41 | 84.73 | 84.99 | 85.18 | 86.55 | 86.94 | 87.33 | 87.70 | 88.08 | 88.51 | 88.93 | 89.43 | 89.93 | 90.42 | 90.95 | 91.45 | 91.88 | 92.26 | 92.54 | 92.74 | 92.85 |
| 1.458                    | 84.67 | 84.99 | 85.24 | 85.42 | 86.84 | 87.23 | 87.62 | 87.99 | 88.36 | 88.80 | 89.22 | 89.72 | 90.21 | 90.71 | 91.23 | 91.74 | 92.17 | 92.54 | 92.83 | 93.02 | 93.13 |
| 1.460                    | 84.94 | 85.25 | 85.48 | 85.66 | 87.13 | 87.52 | 87.91 | 88.27 | 88.64 | 89.08 | 89.50 | 90.00 | 90.50 | 90.99 | 91.52 | 92.03 | 92.46 | 92.83 | 93.11 | 93.30 | 93.41 |
| 1.462                    | 85.20 | 85.50 | 85.73 | 85.89 | 87.42 | 87.81 | 88.19 | 88.56 | 88.93 | 89.36 | 89.78 | 90.29 | 90.78 | 91.28 | 91.80 | 92.32 | 92.74 | 93.11 | 93.39 | 93.58 | 93.69 |
| 1.464                    | 85.46 | 85.75 | 85.97 | 86.12 | 87.71 | 88.10 | 88.48 | 88.84 | 89.21 | 89.65 | 90.06 | 90.57 | 91.06 | 91.56 | 92.09 | 92.61 | 93.03 | 93.40 | 93.67 | 93.86 | 93.97 |
| 1.466                    | 85.72 | 86.00 | 86.21 | 86.36 | 88.00 | 88.39 | 88.77 | 89.13 | 89.49 | 89.93 | 90.34 | 90.85 | 91.35 | 91.84 | 92.37 | 92.89 | 93.32 | 93.68 | 93.96 | 94.14 | 94.25 |
| 1.468                    | 85.98 | 86.25 | 86.45 | 86.59 | 88.28 | 88.67 | 89.05 | 89.41 | 89.77 | 90.21 | 90.62 | 91.13 | 91.63 | 92.13 | 92.66 | 93.18 | 93.60 | 93.96 | 94.24 | 94.42 | 94.54 |
| 1.470                    | 86.24 | 86.50 | 86.69 | 86.81 | 88.57 | 88.96 | 89.34 | 89.69 | 90.05 | 90.49 | 90.90 | 91.41 | 91.91 | 92.41 | 92.94 | 93.47 | 93.89 | 94.25 | 94.52 | 94.70 | 94.82 |
| 1.472                    | 86.50 | 86.75 | 86.93 | 87.04 | 88.86 | 89.25 | 89.62 | 89.97 | 90.33 | 90.77 | 91.18 | 91.70 | 92.20 | 92.69 | 93.23 | 93.75 | 94.17 | 94.53 | 94.80 | 94.98 | 95.11 |
| 1.474                    | 86.75 | 86.99 | 87.16 | 87.26 | 89.15 | 89.53 | 89.91 | 90.26 | 90.61 | 91.05 | 91.45 | 91.98 | 92.48 | 92.97 | 93.51 | 94.04 | 94.45 | 94.81 | 95.08 | 95.27 | 95.39 |
| 1.476                    | 87.01 | 87.23 | 87.39 | 87.48 | 89.43 | 89.82 | 90.19 | 90.54 | 90.89 | 91.33 | 91.73 | 92.26 | 92.76 | 93.26 | 93.79 | 94.32 | 94.74 | 95.09 | 95.36 | 95.55 | 95.68 |
| 1.478                    | 87.26 | 87.48 | 87.62 | 87.70 | 89.72 | 90.10 | 90.48 | 90.82 | 91.17 | 91.60 | 92.01 | 92.53 | 93.04 | 93.54 | 94.07 | 94.61 | 95.02 | 95.38 | 95.64 | 95.83 | 95.96 |
| 1.480                    | 87.51 | 87.71 | 87.85 | 87.92 | 90.00 | 90.39 | 90.76 | 91.10 | 91.45 | 91.88 | 92.28 | 92.81 | 93.32 | 93.82 | 94.35 | 94.89 | 95.30 | 95.66 | 95.92 | 96.11 | 96.25 |
| 1.482                    | 87.76 | 87.95 | 88.08 | 88.13 | 90.29 | 90.67 | 91.04 | 91.38 | 91.72 | 92.16 | 92.56 | 93.09 | 93.60 | 94.10 | 94.64 | 95.18 | 95.59 | 95.94 | 96.20 | 96.39 | 96.54 |
| 1.484                    | 88.01 | 88.19 | 88.30 | 88.35 | 90.57 | 90.95 | 91.32 | 91.66 | 92.00 | 92.44 | 92.83 | 93.37 | 93.88 | 94.38 | 94.92 | 95.46 | 95.87 | 96.22 | 96.49 | 96.67 | 96.82 |
| 1.486                    | 88.26 | 88.42 | 88.53 | 88.56 | 90.86 | 91.24 | 91.61 | 91.94 | 92.28 | 92.71 | 93.10 | 93.65 | 94.16 | 94.65 | 95.20 | 95.74 | 96.15 | 96.50 | 96.77 | 96.96 | 97.11 |
| 1.488                    | 88.50 | 88.65 | 88.75 | 88.77 | 91.14 | 91.52 | 91.89 | 92.21 | 92.55 | 92.99 | 93.38 | 93.92 | 94.44 | 94.93 | 95.48 | 96.03 | 96.43 | 96.78 | 97.05 | 97.24 | 97.40 |
| 1.490                    | 88.75 | 88.88 | 88.97 | 88.97 | 91.43 | 91.80 | 92.17 | 92.49 | 92.83 | 93.26 | 93.65 | 94.20 | 94.71 | 95.21 | 95.75 | 96.31 | 96.71 | 97.06 | 97.33 | 97.52 | 97.69 |
| 1.492                    | 88.99 | 89.11 | 89.18 | 89.18 | 91.71 | 92.09 | 92.45 | 92.77 | 93.10 | 93.54 | 93.92 | 94.47 | 94.99 | 95.49 | 96.03 | 96.59 | 97.00 | 97.34 | 97.61 | 97.80 | 97.99 |
| 1.494                    | 89.23 | 89.34 | 89.40 | 89.38 | 91.99 | 92.37 | 92.73 | 93.04 | 93.37 | 93.81 | 94.19 | 94.75 | 95.27 | 95.77 | 96.31 | 96.87 | 97.28 | 97.62 | 97.89 | 98.09 | 98.28 |
| 1.496                    | 89.47 | 89.56 | 89.61 | 89.58 | 92.27 | 92.65 | 93.01 | 93.32 | 93.65 | 94.08 | 94.46 | 95.02 | 95.55 | 96.04 | 96.59 | 97.15 | 97.56 | 97.90 | 98.16 | 98.37 | 98.57 |
| 1.498                    | 89.71 | 89.79 | 89.82 | 89.78 | 92.56 | 92.93 | 93.28 | 93.60 | 93.92 | 94.35 | 94.73 | 95.30 | 95.82 | 96.32 | 96.86 | 97.43 | 97.84 | 98.18 | 98.44 | 98.65 | 98.87 |
| 1.500                    | 89.95 | 90.01 | 90.02 | 89.97 | 92.84 | 93.21 | 93.56 | 93.87 | 94.19 | 94.63 | 95.00 | 95.57 | 96.10 | 96.59 | 97.14 | 97.71 | 98.12 | 98.46 | 98.72 | 98.94 | 99.17 |
| 1.502                    | 90.19 | 90.23 | 90.23 | 90.17 | 93.12 | 93.49 | 93.84 | 94.15 | 94.46 | 94.90 | 95.27 | 95.84 | 96.37 | 96.87 | 97.42 | 97.99 | 98.40 | 98.73 | 99.00 | 99.22 | 99.46 |
| 1.504                    | 90.42 | 90.44 | 90.43 | 90.36 | 93.40 | 93.77 | 94.12 | 94.42 | 94.73 | 95.17 | 95.54 | 96.12 | 96.65 | 97.14 | 97.69 | 98.27 | 98.67 | 99.01 | 99.28 | 99.51 | 99.76 |
| 1.506                    | 90.66 | 90.66 | 90.63 | 90.55 | 93.68 | 94.05 | 94.40 | 94.69 | 95.00 | 95.44 | 95.80 | 96.39 | 96.92 | 97.42 | 97.97 | 98.55 | 98.95 | 99.29 | 99.56 | 99.79 | -     |

# Température

Masse  
volum.  
g/cm<sup>3</sup>

|       | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95 | 100 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 1.508 | 90.89 | 90.87 | 90.83 | 90.73 | 93.96 | 94.32 | 94.67 | 94.96 | 95.27 | 95.71 | 96.07 | 96.66 | 97.20 | 97.69 | 98.24 | 98.83 | 99.23 | 99.57 | 99.84 | -  | -   |
| 1.510 | 91.12 | 91.08 | 91.03 | 90.92 | 94.24 | 94.60 | 94.95 | 95.24 | 95.54 | 95.98 | 96.33 | 96.93 | 97.47 | 97.96 | 98.51 | 99.11 | 99.51 | 99.85 | -     | -  | -   |
| 1.512 | 91.35 | 91.29 | 91.22 | 91.10 | 94.52 | 94.88 | 95.22 | 95.51 | 95.81 | 96.24 | 96.60 | 97.20 | 97.74 | 98.24 | 98.79 | 99.39 | 99.79 | -     | -     | -  | -   |
| 1.514 | 91.57 | 91.50 | 91.41 | 91.28 | 94.80 | 95.16 | 95.50 | 95.78 | 96.08 | 96.51 | 96.86 | 97.47 | 98.02 | 98.51 | 99.06 | 99.67 | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.516 | 91.80 | 91.70 | 91.60 | 91.45 | 95.07 | 95.43 | 95.77 | 96.05 | 96.34 | 96.78 | 97.13 | 97.74 | 98.29 | 98.78 | 99.33 | 99.94 | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.518 | 92.02 | 91.90 | 91.79 | 91.63 | 95.35 | 95.71 | 96.05 | 96.32 | 96.61 | 97.04 | 97.39 | 98.01 | 98.56 | 99.05 | 99.60 | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.520 | 92.25 | 92.10 | 91.97 | 91.80 | 95.63 | 95.99 | 96.32 | 96.59 | 96.88 | 97.31 | 97.65 | 98.28 | 98.83 | 99.32 | 99.87 | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.522 | 92.47 | 92.30 | 92.15 | 91.97 | 95.91 | 96.26 | 96.59 | 96.86 | 97.14 | 97.57 | 97.91 | 98.55 | 99.10 | 99.59 | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.524 | 92.69 | 92.50 | 92.33 | 92.13 | 96.18 | 96.54 | 96.87 | 97.13 | 97.41 | 97.84 | 98.17 | 98.81 | 99.37 | 99.86 | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.526 | 92.90 | 92.69 | 92.51 | 92.30 | 96.46 | 96.81 | 97.14 | 97.40 | 97.67 | 98.10 | 98.43 | 99.08 | 99.64 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.528 | 93.12 | 92.88 | 92.68 | 92.46 | 96.74 | 97.09 | 97.41 | 97.66 | 97.93 | 98.37 | 98.69 | 99.35 | 99.91 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.530 | 93.33 | 93.07 | 92.85 | 92.62 | 97.01 | 97.36 | 97.68 | 97.93 | 98.20 | 98.63 | 98.95 | 99.61 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.532 | 93.54 | 93.25 | 93.02 | 92.78 | 97.29 | 97.63 | 97.95 | 98.20 | 98.46 | 98.89 | 99.21 | 99.88 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.534 | 93.76 | 93.44 | 93.19 | 92.93 | 97.56 | 97.90 | 98.22 | 98.46 | 98.72 | 99.15 | 99.47 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.536 | 93.96 | 93.62 | 93.35 | 93.08 | 97.84 | 98.18 | 98.49 | 98.73 | 98.98 | 99.41 | 99.72 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.538 | 94.17 | 93.80 | 93.51 | 93.23 | 98.11 | 98.45 | 98.76 | 98.99 | 99.24 | 99.67 | 99.98 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.540 | 94.38 | 93.97 | 93.66 | 93.37 | 98.38 | 98.72 | 99.03 | 99.26 | 99.50 | 99.93 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.542 | 94.58 | 94.15 | 93.82 | 93.52 | 98.66 | 98.99 | 99.30 | 99.52 | 99.76 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.544 | 94.78 | 94.32 | 93.97 | 93.66 | 98.93 | 99.26 | 99.56 | 99.78 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.546 | 94.98 | 94.48 | 94.12 | 93.80 | 99.20 | 99.53 | 99.83 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.548 | 95.18 | 94.65 | 94.26 | 93.93 | 99.47 | 99.80 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.550 | 95.38 | 94.81 | 94.41 | 94.06 | 99.75 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.552 | 95.57 | 94.97 | 94.55 | 94.19 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.554 | 95.76 | 95.13 | 94.68 | 94.32 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.556 | 95.95 | 95.29 | 94.82 | 94.44 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.558 | 96.14 | 95.44 | 94.95 | 94.56 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.560 | 96.33 | 95.59 | 95.08 | 94.68 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.562 | 96.51 | 95.73 | 95.20 | 94.80 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.564 | 96.69 | 95.88 | 95.32 | 94.91 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.566 | 96.87 | 96.02 | 95.44 | 95.02 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.568 | 97.05 | 96.16 | 95.55 | 95.12 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.570 | 97.23 | 96.29 | 95.66 | 95.23 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.572 | 97.40 | 96.42 | 95.77 | 95.33 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.574 | 97.57 | 96.55 | 95.88 | 95.42 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.576 | 97.74 | 96.68 | 95.98 | 95.52 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.578 | 97.91 | 96.80 | 96.08 | 95.61 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.580 | 98.08 | 96.92 | 96.17 | 95.70 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.582 | 98.24 | 97.03 | 96.26 | 95.78 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.584 | 98.40 | 97.15 | 96.35 | 95.86 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.586 | 98.56 | 97.25 | 96.43 | 95.94 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.588 | 98.71 | 97.36 | 96.51 | 96.02 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.590 | 98.87 | 97.46 | 96.59 | 96.09 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |
| 1.592 | 99.02 | 97.56 | 96.66 | 96.16 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -  | -   |



**Annexe 2 Masse volumique de l'eau en fonction de la température**

| Température en |      | Masse volumique en |                    | Température en |       | Masse volumique en |                    |
|----------------|------|--------------------|--------------------|----------------|-------|--------------------|--------------------|
| °C             | °F   | kg/m <sup>3</sup>  | lb/ft <sup>3</sup> | °C             | °F    | kg/m <sup>3</sup>  | lb/ft <sup>3</sup> |
| 0              | 32   | 999.8396           | 62.41999           | 25             | 77    | 997.0468           | 62.24563           |
| 0.5            | 32.9 | 999.8712           | 62.42197           | 25.5           | 77.9  | 996.9176           | 62.23757           |
| 1              | 33.8 | 999.8986           | 62.42367           | 26             | 78.8  | 996.7861           | 62.22936           |
| 1.5            | 34.7 | 999.9213           | 62.42509           | 26.5           | 79.7  | 996.6521           | 62.22099           |
| 2              | 35.6 | 999.9399           | 62.42625           | 27             | 80.6  | 996.5159           | 62.21249           |
| 2.5            | 36.5 | 999.9542           | 62.42714           | 27.5           | 81.5  | 996.3774           | 62.20384           |
| 3              | 37.4 | 999.9642           | 62.42777           | 28             | 82.4  | 996.2368           | 62.19507           |
| 3.5            | 38.3 | 999.9701           | 62.42814           | 28.5           | 83.3  | 996.0939           | 62.18614           |
| 4              | 39.2 | 999.9720           | 62.42825           | 29             | 84.2  | 995.9487           | 62.17708           |
| 4.5            | 40.1 | 999.9699           | 62.42812           | 29.5           | 85.1  | 995.8013           | 62.16788           |
| 5              | 41   | 999.9638           | 62.42774           | 30             | 86    | 995.6518           | 62.15855           |
| 5.5            | 41.9 | 999.9540           | 62.42713           | 30.5           | 86.9  | 995.5001           | 62.14907           |
| 6              | 42.8 | 999.9402           | 62.42627           | 31             | 87.8  | 995.3462           | 62.13947           |
| 6.5            | 43.7 | 999.9227           | 62.42517           | 31.5           | 88.7  | 995.1903           | 62.12973           |
| 7              | 44.6 | 999.9016           | 62.42386           | 32             | 89.6  | 995.0322           | 62.11986           |
| 7.5            | 45.5 | 999.8766           | 62.42230           | 32.5           | 90.5  | 994.8721           | 62.10987           |
| 8              | 46.4 | 999.8482           | 62.42053           | 33             | 91.4  | 994.7100           | 62.09975           |
| 8.5            | 47.3 | 999.8162           | 62.4185            | 33.5           | 92.3  | 994.5458           | 62.08950           |
| 9              | 48.2 | 999.7808           | 62.41632           | 34             | 93.2  | 994.3796           | 62.07912           |
| 9.5            | 49.1 | 999.7419           | 62.41389           | 34.5           | 94.1  | 994.2113           | 62.06861           |
| 10             | 50   | 999.6997           | 62.41125           | 35             | 95    | 994.0411           | 62.05799           |
| 10.5           | 50.9 | 999.6541           | 62.40840           | 35.5           | 95.9  | 993.8689           | 62.04724           |
| 11             | 51.8 | 999.6051           | 62.40535           | 36             | 98.6  | 993.6948           | 62.03637           |
| 11.5           | 52.7 | 999.5529           | 62.40209           | 36.5           | 97.7  | 993.5187           | 62.02537           |
| 12             | 53.6 | 999.4975           | 62.39863           | 37             | 98.6  | 993.3406           | 62.01426           |
| 12.5           | 54.5 | 999.4389           | 62.39497           | 37.5           | 99.5  | 993.1606           | 62.00302           |
| 13             | 55.4 | 999.3772           | 62.39112           | 38             | 100.4 | 992.9789           | 61.99168           |
| 13.5           | 56.3 | 999.3124           | 62.38708           | 38.5           | 101.3 | 992.7951           | 61.98020           |
| 14             | 57.2 | 999.2446           | 62.38284           | 39             | 102.2 | 992.6096           | 61.96862           |
| 14.5           | 58.1 | 999.1736           | 62.37841           | 39.5           | 103.1 | 992.4221           | 61.95692           |
| 15             | 59   | 999.0998           | 62.37380           | 40             | 104   | 992.2329           | 61.94510           |
| 15.5           | 59.9 | 999.0229           | 62.36901           | 40.5           | 104.9 | 992.0418           | 61.93317           |
| 16             | 60.8 | 998.9432           | 62.36403           | 41             | 105.8 | 991.8489           | 61.92113           |
| 16.5           | 61.7 | 998.8607           | 62.35887           | 41.5           | 106.7 | 991.6543           | 61.90988           |
| 17             | 62.6 | 998.7752           | 62.35354           | 42             | 107.6 | 991.4578           | 61.89672           |
| 17.5           | 63.5 | 998.6870           | 62.34803           | 42.5           | 108.5 | 991.2597           | 61.88434           |
| 18             | 64.4 | 998.5960           | 62.34235           | 43             | 109.4 | 991.0597           | 61.87186           |
| 18.5           | 65.3 | 998.5022           | 62.33650           | 43.5           | 110.3 | 990.8581           | 61.85927           |
| 19             | 66.2 | 998.4058           | 62.33047           | 44             | 111.2 | 990.6546           | 61.84657           |
| 19.5           | 67.1 | 998.3066           | 62.32428           | 44.5           | 112.1 | 990.4494           | 61.83376           |
| 20             | 68   | 998.2048           | 62.31793           | 45             | 113   | 990.2427           | 61.82085           |
| 20.5           | 68.9 | 998.1004           | 62.31141           | 45.5           | 113.9 | 990.0341           | 61.80783           |
| 21             | 69.8 | 997.9934           | 62.30473           | 46             | 114.8 | 989.8239           | 61.79471           |
| 21.5           | 70.7 | 997.8838           | 62.29788           | 46.5           | 115.7 | 989.6121           | 61.78149           |
| 22             | 71.6 | 997.7716           | 62.29088           | 47             | 116.6 | 989.3986           | 61.76816           |
| 22.5           | 72.5 | 997.6569           | 62.28372           | 47.5           | 117.5 | 989.1835           | 61.75473           |
| 23             | 73.4 | 997.5398           | 62.27641           | 48             | 118.4 | 988.9668           | 61.74120           |
| 23.5           | 74.3 | 997.4201           | 62.26894           | 48.5           | 119.3 | 988.7484           | 61.72756           |
| 24             | 75.2 | 997.2981           | 62.26132           | 49             | 120.2 | 988.5285           | 61.71384           |
| 24.5           | 76.1 | 997.1736           | 62.25355           | 49.5           | 121.1 | 988.3069           | 61.70000           |

| Température en |    | Masse volumique en |                    |
|----------------|----|--------------------|--------------------|
| °C             | °F | kg/m <sup>3</sup>  | lb/ft <sup>3</sup> |

|      |       |          |          |
|------|-------|----------|----------|
| 50   | 122   | 988.0839 | 61.68608 |
| 50.5 | 122.9 | 987.8592 | 61.67205 |
| 51   | 123.8 | 987.6329 | 61.65793 |
| 51.5 | 124.7 | 987.4051 | 61.64371 |
| 52   | 125.6 | 987.1758 | 61.62939 |
| 52.5 | 126.5 | 986.9450 | 61.61498 |
| 53   | 127.4 | 986.7127 | 61.60048 |
| 53.5 | 128.3 | 986.4788 | 61.58588 |
| 54   | 129.2 | 986.2435 | 61.57118 |
| 54.5 | 130.1 | 986.0066 | 61.55640 |
| 55   | 131   | 985.7684 | 61.54153 |
| 55.5 | 131.9 | 985.5287 | 61.52656 |
| 56   | 132.8 | 985.2876 | 61.51150 |
| 56.5 | 133.7 | 985.0450 | 61.49636 |
| 57   | 134.6 | 984.8009 | 61.48112 |
| 57.5 | 135.5 | 984.5555 | 61.46580 |
| 58   | 136.4 | 984.3086 | 61.45039 |
| 58.5 | 137.3 | 984.0604 | 61.43489 |
| 59   | 138.2 | 983.8108 | 61.41931 |
| 59.5 | 139.1 | 983.5597 | 61.40364 |
| 60   | 140   | 983.3072 | 61.38787 |
| 60.5 | 140.9 | 983.0535 | 61.37203 |
| 61   | 141.8 | 982.7984 | 61.35611 |
| 61.5 | 142.7 | 982.5419 | 61.34009 |
| 62   | 143.6 | 982.2841 | 61.32400 |
| 62.5 | 144.5 | 982.0250 | 61.30783 |
| 63   | 145.4 | 981.7646 | 61.29157 |
| 63.5 | 146.3 | 981.5029 | 61.27523 |
| 64   | 147.2 | 981.2399 | 61.25881 |
| 64.5 | 148.1 | 980.9756 | 61.24231 |
| 65   | 149   | 980.7099 | 61.22573 |

| Température en |    | Masse volumique en |                    |
|----------------|----|--------------------|--------------------|
| °C             | °F | kg/m <sup>3</sup>  | lb/ft <sup>3</sup> |

|      |       |          |          |
|------|-------|----------|----------|
| 65.5 | 149.9 | 980.4432 | 61.20907 |
| 66   | 150.8 | 980.1751 | 61.19233 |
| 66.5 | 151.7 | 979.9057 | 61.17552 |
| 67   | 152.6 | 979.6351 | 61.15862 |
| 67.5 | 153.5 | 979.3632 | 61.14165 |
| 68   | 154.4 | 979.0901 | 61.12460 |
| 68.5 | 155.3 | 978.8159 | 61.10748 |
| 69   | 156.2 | 978.5404 | 61.09028 |
| 69.5 | 157.1 | 978.2636 | 61.07300 |
| 70   | 158   | 977.9858 | 61.05566 |
| 70.5 | 158.9 | 977.7068 | 61.03823 |
| 71   | 159.8 | 977.4264 | 61.02074 |
| 71.5 | 160.7 | 977.1450 | 61.00316 |
| 72   | 161.6 | 976.8624 | 60.98552 |
| 72.5 | 162.5 | 976.5786 | 60.96781 |
| 73   | 163.4 | 976.2937 | 60.95002 |
| 73.5 | 164.3 | 976.0076 | 60.93216 |
| 74   | 165.2 | 975.7204 | 60.91423 |
| 74.5 | 166.1 | 975.4321 | 60.89623 |
| 75   | 167   | 975.1428 | 60.87816 |
| 75.5 | 167.9 | 974.8522 | 60.86003 |
| 76   | 168.8 | 974.5606 | 60.84182 |
| 76.5 | 169.7 | 974.2679 | 60.82355 |
| 77   | 170.6 | 973.9741 | 60.80520 |
| 77.5 | 171.5 | 973.6792 | 60.78680 |
| 78   | 172.4 | 973.3832 | 60.76832 |
| 78.5 | 173.3 | 973.0862 | 60.74977 |
| 79   | 174.2 | 972.7881 | 60.73116 |
| 79.5 | 175.1 | 972.4890 | 60.71249 |
| 80   | 176   | 972.1880 | 60.69375 |