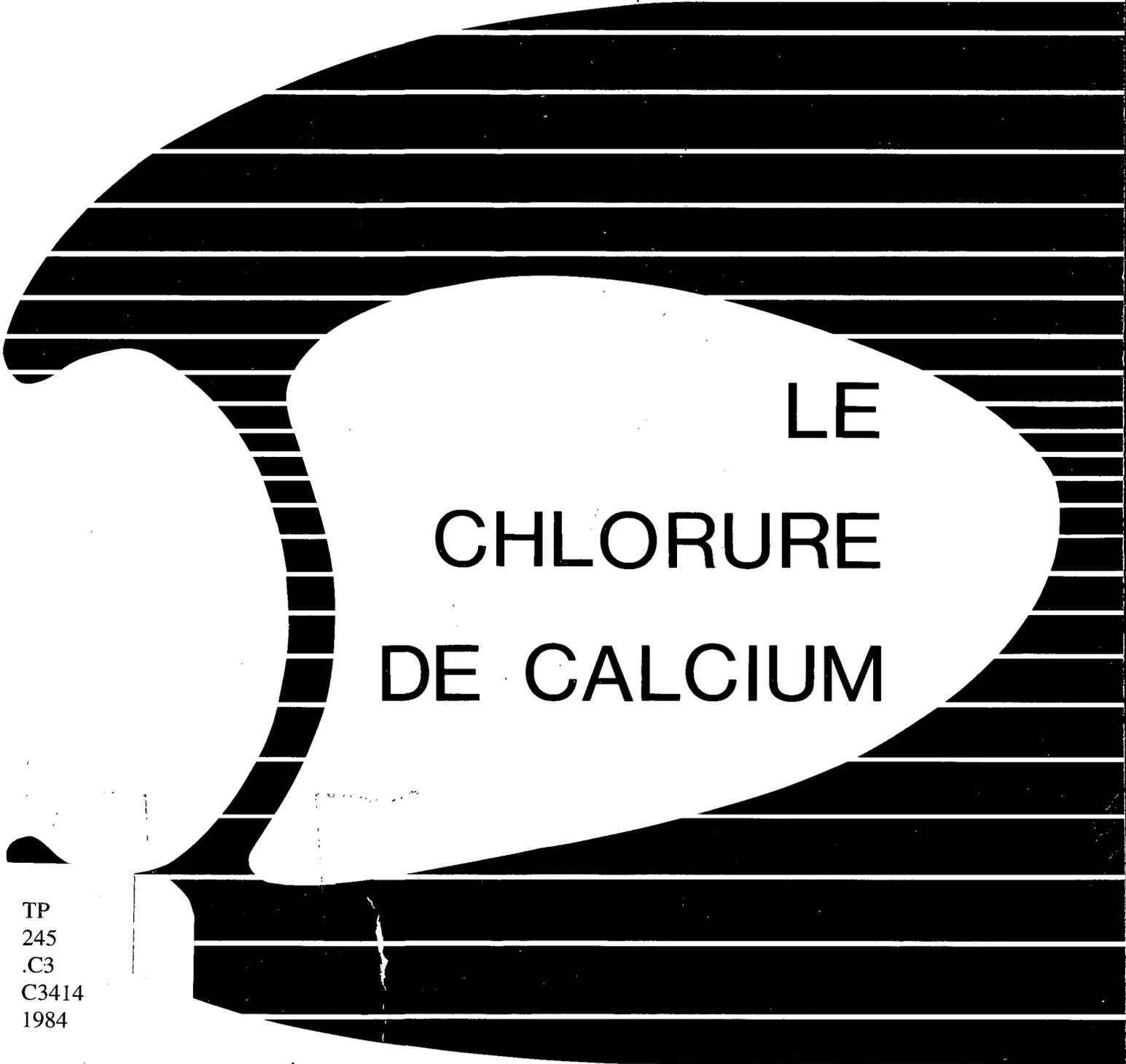




Environnement  
Canada  
Service de la  
protection de  
l'environnement

Environment  
Canada  
Environmental  
Protection  
Service

collection  
**ENVIROGUIDE**



**LE  
CHLORURE  
DE CALCIUM**

TP  
245  
.C3  
C3414  
1984

**Canada**

juin 1984

## COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

TP  
245  
.c3  
C34 14  
1984

collection  
ENVIROGUIDE

GENTRE DE DOCUMENTATION CSL  
105, rue... deuxième étage  
MON... Québec) H2Y 2E7  
Tél.: (514) 283-2762  
Fax: (514) 283-2451

# LE CHLORURE DE CALCIUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES  
DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES  
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
SERVICE DE LA PROTECTION  
DE L'ENVIRONNEMENT



OTTAWA  
JUN 1984  
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication  
distribuée par le Service des publications  
Service de la protection de l'environnement  
Environnement Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 1C8

Édition française de  
*Calcium chloride*  
préparée par le Module d'édition française

*English copy available at the above mentioned address*

## AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

## REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.



## TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos .....	III
	Remerciements .....	III
	Liste des figures .....	VIII
	Liste des tableaux .....	VIII
	Abréviations et symboles .....	IX
	Définitions .....	XI
	Sigles .....	XII
<b>1</b>	<b>Résumé .....</b>	<b>1</b>
1.1	Chlorure de calcium anhydre ( $\text{CaCl}_2$ ) .....	1
1.2	Chlorure de calcium dihydraté ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) .....	1
<b>2</b>	<b>Propriétés physiques et chimiques .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Production, transport et commerce .....</b>	<b>12</b>
3.1	Qualités et teneurs du produit .....	12
3.2	Fabricants au Canada .....	12
3.3	Principaux centres de production .....	12
3.4	Volume de production .....	12
3.5	Fabrication industrielle .....	12
3.5.1	Information générale .....	12
3.5.2	Matières premières .....	13
3.5.3	Procédés de fabrication .....	13
3.5.3.1	Procédé Solvay .....	13
3.5.3.2	Procédé d'extraction par purification de saumures .....	13
3.6	Principales utilisations au Canada .....	13
3.7	Principaux acheteurs au Canada .....	13
<b>4</b>	<b>Manutention du produit et compatibilité .....</b>	<b>15</b>
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition .....	15
4.1.1	Transport en vrac .....	15
4.1.1.1	Wagons-trémies .....	15
4.1.1.2	Wagons-citernes .....	17
4.1.2	Emballage .....	19
4.2	Déchargement .....	19
4.2.1	Matériel et procédé de déchargement des wagons .....	19
4.2.1.1	Wagons-trémies .....	19
4.2.1.2	Wagons-citernes .....	19
4.2.2	Matériel pour le déchargement du chlorure de calcium transporté en sacs ou en fûts .....	22
4.2.3	Matériaux de fabrication et spécifications pour les organes de déchargement .....	22
4.3	Compatibilité avec les matériaux de construction .....	23
<b>5</b>	<b>Fuite et migration du chlorure de calcium .....</b>	<b>30</b>
5.1	Aperçu général .....	30
5.2	Fuite du produit .....	30
5.2.1	Introduction .....	30
5.2.2	Nomogrammes de fuites .....	30
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps .....	30
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement .....	31
5.2.3	Exemple de calcul .....	31
5.3	Diffusion dans l'atmosphère .....	31
5.4	Comportement dans l'eau .....	31
5.4.1	Introduction .....	31
5.4.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau .....	33

5.4.2.1	Diffusion dans les rivières non soumises aux marées	35
5.4.2.2	Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	35
5.4.3	Étapes du calcul	35
5.4.3.1	Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	35
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	42
5.5	Comportement dans la subsurface	42
5.5.1	Mécanismes	42
5.5.2	Migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée	45
5.5.3	Coefficient de perméabilité du chlorure de calcium en sol saturé	45
5.5.4	Types de sol	45
5.5.5	Nomogrammes de migration	48
5.5.6	Exemple de calcul	48
<b>6</b>	<b>Protection de l'environnement</b>	<b>52</b>
6.1	Limites maximales admissibles	52
6.1.1	Qualité de l'eau	52
6.1.2	Qualité de l'air	52
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	52
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux Etats-Unis	52
6.2.2	Toxicité en eau douce	52
6.2.3	Toxicité en eau salée	53
6.3	Toxicité pour d'autres espèces vivantes	53
6.3.1	Toxicité pour le bétail	53
6.3.2	Toxicité pour les végétaux	53
6.4	Études sur les effets toxiques	54
6.5	Dégradation	54
6.6	Devenir et effets à long terme	54
<b>7</b>	<b>Protection de la santé</b>	<b>55</b>
7.1	Normes d'exposition recommandées	55
7.2	Données sur les propriétés irritantes	55
7.2.1	Contact avec la peau	55
7.2.2	Contact avec les yeux	56
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	56
7.3.1	Odeur	56
7.3.2	Goût	56
7.4	Études à long terme	56
7.4.1	Inhalation	56
7.4.2	Ingestion	56
7.4.3	Par voie sous-cutanée	56
7.4.4	Par voie intraveineuse	57
7.4.5	Par voie intrapéritonéale	57
7.4.6	Par voie intramusculaire	57
7.4.7	Voie d'exposition non spécifiée	57
7.5	Symptômes d'intoxication	58
7.5.1	Inhalation	58
7.5.2	Ingestion	58
7.5.3	Contact avec la peau	58
7.5.4	Contact avec les yeux	58
<b>8</b>	<b>Compatibilité chimique</b>	<b>59</b>
8.1	Compatibilité entre le chlorure de calcium et divers produits chimiques	59
<b>9</b>	<b>Mesures d'intervention et de sécurité</b>	<b>60</b>
9.1	Mesures recommandées	60
9.1.1	Risques d'incendie	60
9.1.2	Moyens d'extinction	60
9.1.3	Mesures d'intervention de nettoyage et de traitement en cas de déversement	60

9.1.3.1	Information générale	60
9.1.3.2	Déversement sur le sol	60
9.1.3.3	Déversement dans l'eau	60
9.1.4	Nettoyage et traitement	60
9.1.5	Appareils et vêtements de protection	60
<b>10</b>	<b>Cas de déversements accidentels</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>Identification et dosage des polluants</b>	<b>63</b>
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)	63
11.1.1	Spectrophotométrie d'absorption atomique	63
11.2	Dosage du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse quantitative)	63
11.2.1	Spectrophotométrie d'absorption atomique	63
11.3	Identification du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse qualitative)	64
11.4	Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol (analyse quantitative)	64
11.4.1	Méthode colorimétrique	64
11.5	Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)	64
<b>12</b>	<b>Références et bibliographie</b>	<b>65</b>
12.1	Références	65
12.2	Bibliographie	68

## LISTE DES FIGURES

1	Diagramme de phase pour le système $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .....	7
2	Masse volumique en fonction du pourcentage en poids .....	8
3	Solubilité dans l'eau en fonction de la température .....	8
4	Tension de vapeur en fonction de la température .....	9
5	Viscosité en fonction de la température .....	10
6	Point d'ébullition en fonction du pourcentage en poids .....	10
7	Diagramme de phase .....	11
8	Wagons-trémies couverts – AAR classe LO .....	16
9	Wagon-citerne – classe 111A60W1 .....	18
10	Déchargement d'un wagon-citerne .....	20
11	Wagon-citerne percé dans le bas .....	31
12	Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement .....	32
13	Débit de fuite/temps d'écoulement .....	32
14	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées .....	34
15	Distance en fonction du temps .....	36
16	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal .....	37
17	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique .....	38
18	Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente .....	39
19	Delta en fonction de alpha .....	40
20	Teneur maximale en fonction de delta .....	41
21	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique .....	43
22	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau .....	44
23	Migration dans le sous-sol .....	46
24	Plan d'utilisation des nomogrammes .....	47
25	Migration dans du sable grossier .....	49
26	Migration dans du sable limoneux .....	50
27	Migration dans un till argileux .....	51

## LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion .....	6
2	Spécifications relatives aux wagons-trémies .....	15
3	Spécifications relatives aux wagons-citernes .....	17
4	Spécifications relatives aux wagons-citernes, classe 111A60W1 .....	21
5	Compatibilité du chlorure de calcium et certains matériaux de fabrication .....	24

## ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant	min.	Minimum
atm	Atmosphère	mn	Minute
c.f.	Coupelle fermée	M mol.	Masse molaire
c.o.	Coupelle ouverte	M vol.	Masse volumique
CPG	Chromatographie en phase gazeuse	mol	Mole
d	Densité	MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
d vap	Densité de vapeur	N	Newton
d.-v.	Demi-vie	Pa · s	Pascal seconde
D ext.	Diamètre extérieur	pds éq.	Poids équivalent
D int.	Diamètre intérieur	ppb	Parties par milliard (10 <sup>-9</sup> )
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse	ppm	Parties par million (10 <sup>-6</sup> )
DBO	Demande biochimique en oxygène	ppt	Parties par mille (10 <sup>-3</sup> )
DCO	Demande chimique en oxygène	psi	<i>Pounds per square inch</i>
D <sub>e</sub>	Diamètre d'entrée	P	Pression
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme	P <sub>c</sub>	Pression critique
DMM	Diamètre moyen en masse	PEL	<i>Permissible Exposure Limit</i>
DMN	Diamètre moyen en nombre	Po	Poise
DMV	Diamètre moyen en volume	Pt cong.	Point de congélation
DPI	Détecteur à photo-ionisation	Pt déf.	Point de déflagration
D <sub>s</sub>	Diamètre de sortie	Pt dét.	Point de détonation
DL min.	Dose létale minimale	Pt ébul.	Point d'ébullition
DL 50	Dose létale moyenne	Pt écl.	Point d'éclair
et coll.	et collaborateurs	Pt écoul.	Point d'écoulement
eV	Électronvolt	Pt fus.	Point de fusion
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente	Pt liq.	Point de liquéfaction
gal imp.	Gallon impérial	PVC	Chlorure de polyvinyle
IDLH	<i>Immediately Dangerous to Life or Health</i>	q	Débit
IR	Infrarouge	q <sub>e</sub>	Débit d'entrée
j	jour	q <sub>f</sub>	Débit de fuite
J	Joule	q <sub>m</sub>	Débit-masse
k	Coefficient de perméabilité	q <sub>s</sub>	Débit de sortie
l	litre	q <sub>v</sub>	Débit-volume
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité	std	Standard
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité	SM	Spectroscopie de masse
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité	St	Stokes
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité	STEL	<i>Short Term Exposure Limit</i>
m	Masse	t	Tonne
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)	t	Temps
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)	temp.	Température
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)	temp. <sub>c</sub>	Température critique
max.	Maximum	TE 50	Teneur efficace moyenne
mé/l	Milliéquivalent par litre	tf	Tonne forte
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)	TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
		TLm	Tolérance moyenne
		TL min.	Teneur létale minimale
		TL 50	Teneur létale moyenne
		TLV <sup>®</sup>	<i>Threshold Limit Value</i>
		TLV <sup>®-C</sup>	<i>Threshold Limit Value-Ceiling</i>
		TPN	Température et pression normales

X

TT min.	Teneur toxique minimale	V évap.	Vitesse d'évaporation
u	Vitesse du vent	°Bé	Degré Baumé
$\mu$	Viscosité	°C	Degré Celsius
vap	Vapeur	$\phi$	Diamètre
vol.	Volume	x	Distance sous le vent
V	Vitesse d'écoulement	$\mathbb{W}$	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction
V biod.	Vitesse de biodégradation		

## DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

**Bio-accumulation.** – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

**Bio-amplification.** – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

**Bioconcentration.** – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance dépasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

**Concentration.** – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

**Contaminant.** – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

**Dose létale minimale.** – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

**Dose létale moyenne (1).** – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

**Dose létale moyenne (2).** – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

**Dose toxique minimale.** – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

**Facteur de bioconcentration.** – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

**IDLH** (*Immediately Dangerous to Life or Health*). – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

**Immission.** – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

**Létal.** – En toxicologie, synonyme de mortel.

**MAK** (*Maximale Arbeitsplatz Konzentration*). – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

**MAK-D.** – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

**MAK-K.** – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

**PEL** (*Permissible Exposure Limit*). – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relèvement. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

**Polluant.** – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

**STEL** (*TLV - Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

**Teneur.** – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

**Teneur efficace moyenne.** – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

**Teneur inhibitrice moyenne.** – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

**Teneur létale minimale.** – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

**Teneur létale moyenne (1).** – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

**Teneur létale moyenne (2).** – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

**Teneur plafond.** – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV<sup>®</sup>-C sont des teneurs plafonds.)

**Teneur toxique minimale.** – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplasogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

**Titre (d'une solution, en chimie).** – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

**TLV<sup>®</sup> (Threshold Limit Value).** – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

**TLV<sup>®</sup>-C (Threshold Limit Value-Ceiling).** – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

**Tolérance moyenne.** – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLM.

## SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists	ITII	International Technical Information Institute (Japon)
ANSI	American National Standards Institute	MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
ASTM	American Society for Testing and Materials	MDT	Ministère des Transports (du Canada)
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)	NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
AWWA	American Water Works Association	NAS	National Academy of Sciences (USA)
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)	NFPA	National Fire Protection Association (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)	NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
CCPA	Canadian Chemical Producers Association	NRC	National Research Council (USA)
CCT	Commission canadienne des transports	OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)		
EPA	Environmental Protection Agency (USA)		

# 1 RÉSUMÉ

## 1.1 Chlorure de calcium anhydre (CaCl<sub>2</sub>)

Le chlorure de calcium anhydre se présente sous forme de paillettes, de granules ou de poudre blanche, et en solutions aqueuses blanchâtres à jaune pâle. Il est inodore.

## 1.2 Chlorure de calcium dihydraté (CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O)

Le chlorure de calcium dihydraté est également disponible en paillettes, granules ou poudre blanche, et en solutions aqueuses blanchâtres à jaune pâle. Il est inodore.

### N<sup>OS</sup> d'identification

	Anhydre	Dihydraté	Solution
UN :	aucun	aucun	
CAS :	10043-52-4	10035-04-8	
OHM-TADS :	7216625	7216625	
STCC :	aucun	aucun	

### Qualité et teneurs

• À l'état solide	paillettes ou granules: 94 à 97 p. 100 de CaCl <sub>2</sub>	paillettes ou poudre: 77 p. 100 de CaCl <sub>2</sub> dans CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	
• À l'état liquide			32, 35, 38 p. 100 sous forme de CaCl <sub>2</sub> dans de l'eau solution concentrée 40, 55 p. 100 sous forme de CaCl <sub>2</sub> dans de l'eau

### Dangers immédiats

Incendie. – Le chlorure de calcium est ininflammable.

Pour l'homme. – La toxicité du chlorure de calcium est relativement faible pour l'homme.

Pour l'environnement. – Le chlorure de calcium est toxique pour la vie aquatique à des teneurs supérieures à 500 ppm.

### Données relatives aux propriétés physiques

	Anhydre	Dihydraté	Solution
État (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide	Liquide
Point d'ébullition	1935 °C	176 °C (déshydratation)	116 °C
Point de fusion	772 °C	176 °C (déshydratation)	-7 °C
Inflammabilité		Ininflammable	
Densité relative (eau = 1)	2,15	1,85	1,35 (25 °C/4 °C)

Solubilité (dans l'eau)	Très soluble
Comportement (dans l'eau)	Coule et se mélange
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Inodore

#### **Dangers pour l'environnement**

Le chlorure de calcium est nocif pour les espèces du milieu aquatique et le bétail, à des teneurs élevées. Il ne présente cependant aucun risque de bio-accumulation pas plus qu'il ne risque de contaminer les éléments de la chaîne alimentaire.

#### **Dangers pour l'homme**

L'inhalation irrite le nez et la gorge. Les poussières de chlorure de calcium, notamment, irritent les yeux et peuvent provoquer des lésions temporaires de la cornée. À l'état solide, peut causer une légère irritation cutanée si le produit vient en contact avec la peau sèche. Les solutions très concentrées causent une forte irritation ou des brûlures.

#### **Dispositions immédiates à prendre**

- En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le produit déversé si cela ne présente aucun risque. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau. Éviter tout contact avec des solutions concentrées.

- En cas d'incendie

Le chlorure de calcium est ininflammable et on peut utiliser n'importe quel agent d'extinction.

#### **Mesures d'intervention d'urgence**

- Chlorure de calcium répandu sur le sol

Ériger des barrages pour contenir le produit déversé. Récupérer manuellement ou avec des moyens mécaniques.

- Chlorure de calcium déversé dans l'eau

Confiner l'eau polluée au moyen de barrages, d'un dispositif de dérivation ou de digues en matériaux naturels.

## 2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

## Propriétés physiques

	Anhydre	Dihydraté- (CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O) (77 % de CaCl <sub>2</sub> )	Solution (35 % de CaCl <sub>2</sub> )
Aspect	Solide; paillettes ou granules blanches (Dow, 1974)	Solide; paillettes ou poudre blanche (Dow ERIS, 1979)	Liquide blanchâtre à jaune pâle (Hooker MSDS, 1972)
État à l'expédition	Solide	Solide	Liquide (solution aqueuse)
État physique (15 °C; 1 atm)	Solide	Solide	Liquide
Point de fusion	772 °C (Kirk- Othmer, 1978)	176 °C (désy- dratation) (Kirk- Othmer, 1978)	—
Point de congélation	724 °C (Ullmann, 1975)		- 7 °C (Hooker PDS, 1980; Dow, 1974)
Point d'ébullition	1935 °C (Kirk- Othmer, 1978; Dow, 1974)	175 °C (désy- dratation) (Dow ERIS, 1979)	116 °C (Hooker MSDS, 1972)
<b>Densités</b>			
Densité relative	2,15 (25 °C/4 °C) (CRC, 1980)	1,85 (Kirk-Othmer, 1978)	1,35 (Hooker PDS, 1980)
Masse volumique	1024 kg/m <sup>3</sup> (Dow, 1974)	881 kg/m <sup>3</sup> (Dow, 1974)	1355 kg/m <sup>3</sup> (Dow, 1974)
<b>Propriétés relatives à la combustion</b>			
Inflammabilité		Ininflammable	
<b>Solubilité</b>			
• dans l'eau	37,1 g/100 ml (0 °C) 42,5 g/100 ml (20 °C) (Ullmann, 1975)	97,7 g/100 ml (0 °C) 326 g/100 ml (60 °C) (CRC, 1980)	Très soluble (Dow, 1974)
• dans d'autres produits d'utilisation courante	Soluble dans l'éthanol, l'acétone et l'acide acétique (CRC, 1980)	Dans l'éthanol: 50 g/100 ml (80 °C) (CRC, 1980)	
<b>Autres propriétés</b>			
Masse moléculaire relative de la substance pure	110,99 (CRC, 1980)	147,02 (CRC, 1980)	

Composition caractéristique de la substance pure	> 94 % $\text{CaCl}_2$ < 5 % $\text{NaCl}$ < 0,5 % $\text{MgCl}_2$ (Ullmann, 1975)	77-80 % $\text{CaCl}_2$ 20-23 % $\text{H}_2\text{O}$ < 2 % $\text{NaCl}$ < 0,5 % $\text{MgCl}_2$ (Ullmann, 1975)	35-36 % $\text{CaCl}_2$ (Hooker PDS, 1980)
Indice de réfraction	1,52 (CRC, 1980)		1,4301 (CRC, 1980)
Viscosité			5,81 mPa · s (20 °C) (CRC, 1980)
Tension de vapeur		0,37 kPa (40 °C) (Dow, 1974)	1,1 kPa (20 °C) (Dow, 1974)
Hygroscopicité	Absorbe 1,4 g $\text{H}_2\text{O}$ /g $\text{CaCl}_2$ à 40 % d'humidité relative et 17 g de $\text{H}_2\text{O}$ /g de $\text{CaCl}_2$ à 95 % d'humidité relative (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	Absorbe 1 g de $\text{H}_2\text{O}$ /g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ à 40 % d'humidité relative (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur latente de fusion	25,5 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980) 28,4 kJ/mol (au point de fusion) (Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)	12,9 kJ/mol (au point de fusion) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur latente de sublimation	324,3 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)		
Chaleur latente de vaporisation	235,1 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979) 226,1 kJ/mol (25 °C) (Ullmann, 1975)		
Chaleur de formation	- 798,5 kJ/mol (25 °C) (JANAF, 1971) - 795,4 kJ/mol (25 °C) (Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)	- 1404 kJ/mol (Kirk-Othmer, 1978)	
Potentiel d'ionisation	10,2 eV (Rosenstock, 1977)		
Chaleur de dissolution	- 81,82 kJ/mol (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	176,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	
Chaleur d'hydratation	15,1 kJ/mol ( $\text{CaCl}_2$ à $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (Ullmann, 1975)	23,4 kJ/mol ( $\text{CaCl}_2$ à $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (Ullmann, 1975)	

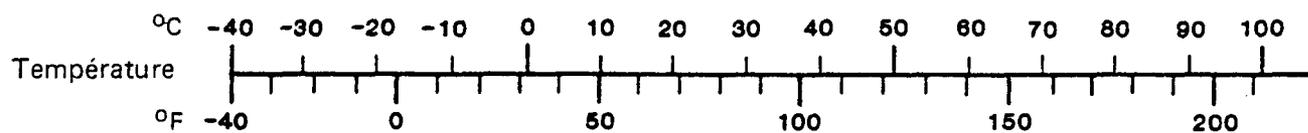
Tension superficielle		93 dynes/cm (10 °C) (Dow, 1974)
Entropie libre	- 752,8 kJ/mol · K (Ullmann, 1975)	
Entropie normale	123,1 kJ/mol · K (Ullmann, 1975)	
Capacité thermique molaire à pression constante	72,8 J/mol · °C (25 °C) (JANAF, 1971; Ullmann, 1975) 74,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)	176,4 J/mol · K (25 °C) (Kirk-Othmer, 1978)
Coefficient de dilatation thermique	6,7 x 10 <sup>-5</sup> /°C (20 à 190 °C cubique) (Ullmann, 1975)	0,458 x 10 <sup>-3</sup> /°C (solution à 40 % ) (20 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Conductivité thermique		5,5 x 10 <sup>-3</sup> J/s · cm · °C (32 °C) (Solution à 30 % ) (Lange's Handbook, 1979)
pH de la solution aqueuse		8,0 à 9,0 (Hooker PDS, 1980)

### Structure

Le chlorure de calcium anhydre est très soluble et forme divers hydrates stables notamment le dihydrate ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) qui est le plus connu, le monohydrate ( $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), le tétrahydrate ( $\text{CaCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ), et l'hexahydrate ( $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ). Consulter la figure 1 pour le diagramme de phase du système  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Les formes les plus faiblement hydratées sont fortement hygroscopiques et fixent la vapeur d'eau atmosphérique pour former le prochain hydrate stable tant que la tension de vapeur d'eau de la solution n'est pas en équilibre avec l'humidité de l'air.

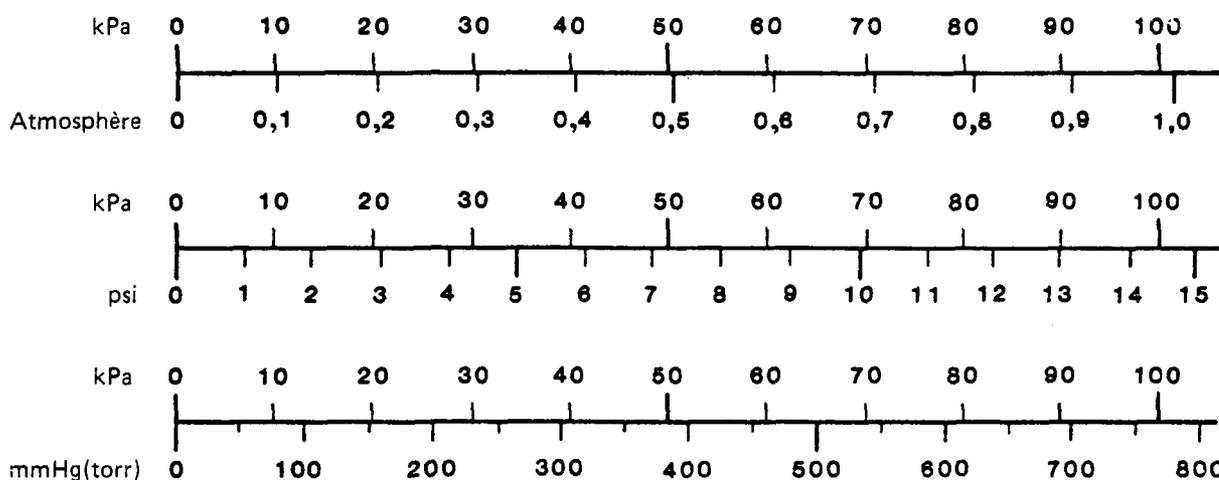
## CHLORURE DE CALCIUM

## NOMOGRAMMES DE CONVERSION



## Pression

1 kPa = 1 000 Pa



## Viscosité

Dynamique 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique 1 m<sup>2</sup>/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)

1 ppm  $\cong$  1 mg/l

## Énergie (chaleur)

1 kJ = 1 000 J

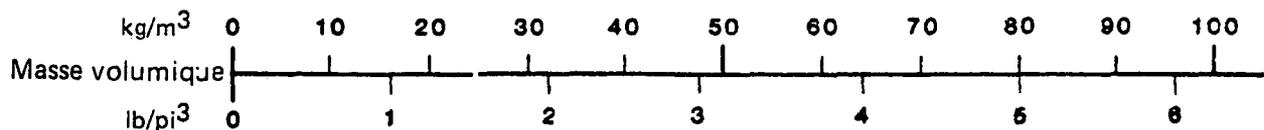
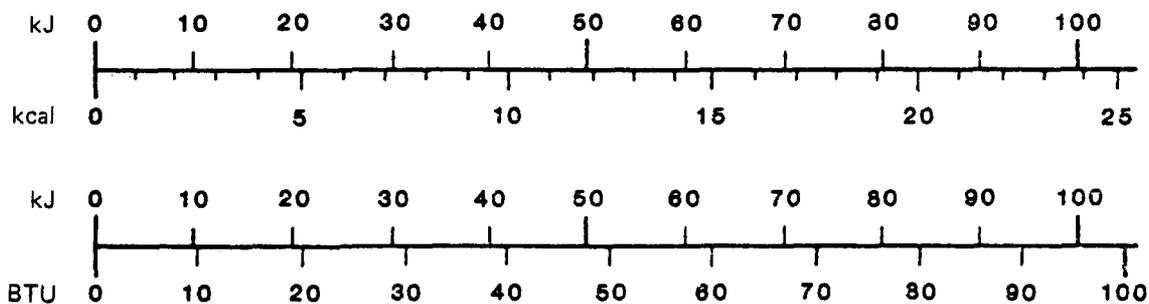


Figure 1

CHLORURE DE CALCIUM

DIAGRAMME DE PHASE POUR LE SYSTÈME

 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 

Références: Dow, 1974; Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978

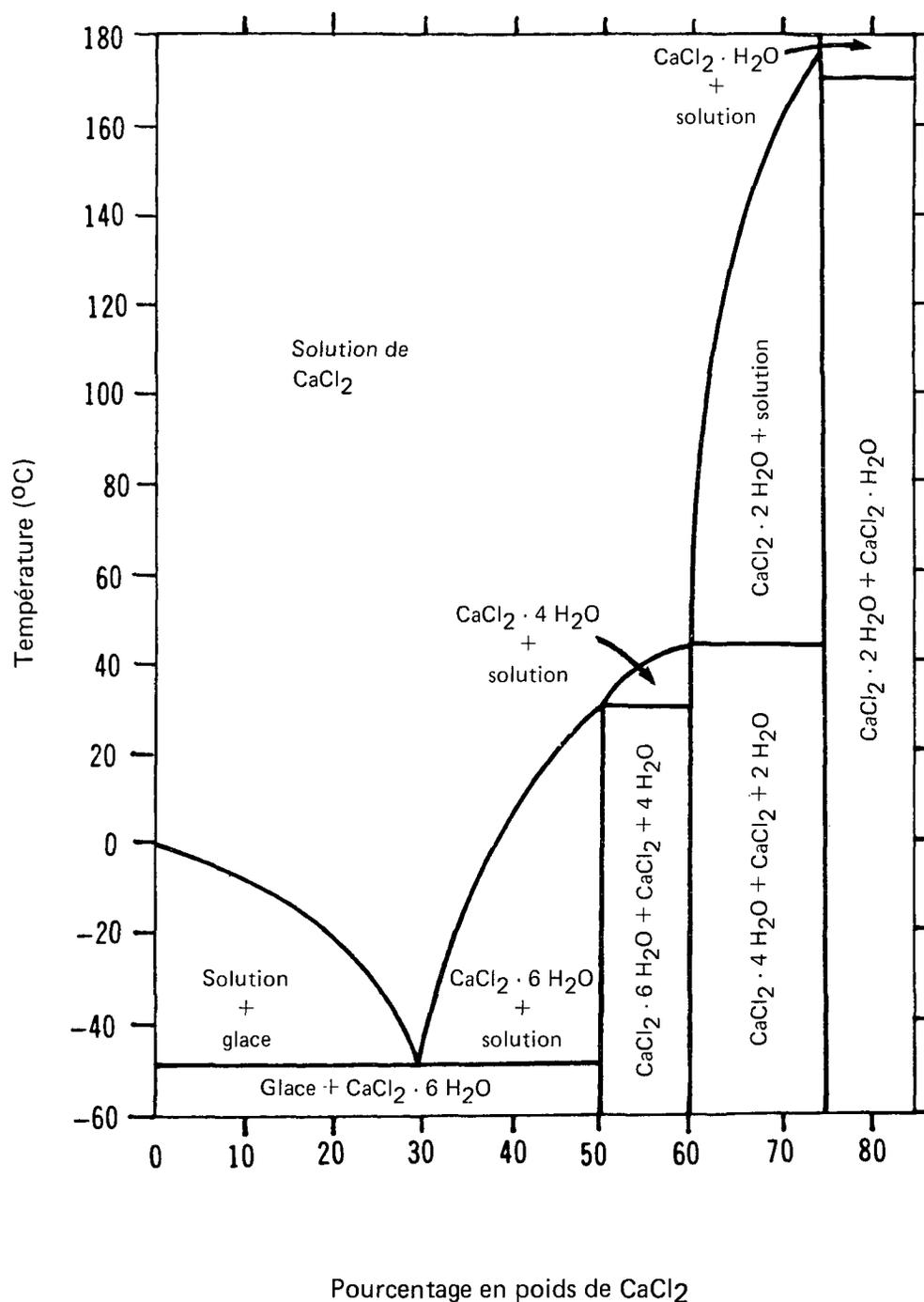


Figure 2

CHLORURE DE CALCIUM (en solution)

MASSE VOLUMIQUE EN FONCTION  
DU POURCENTAGE EN POIDS

Référence: Dow, 1974

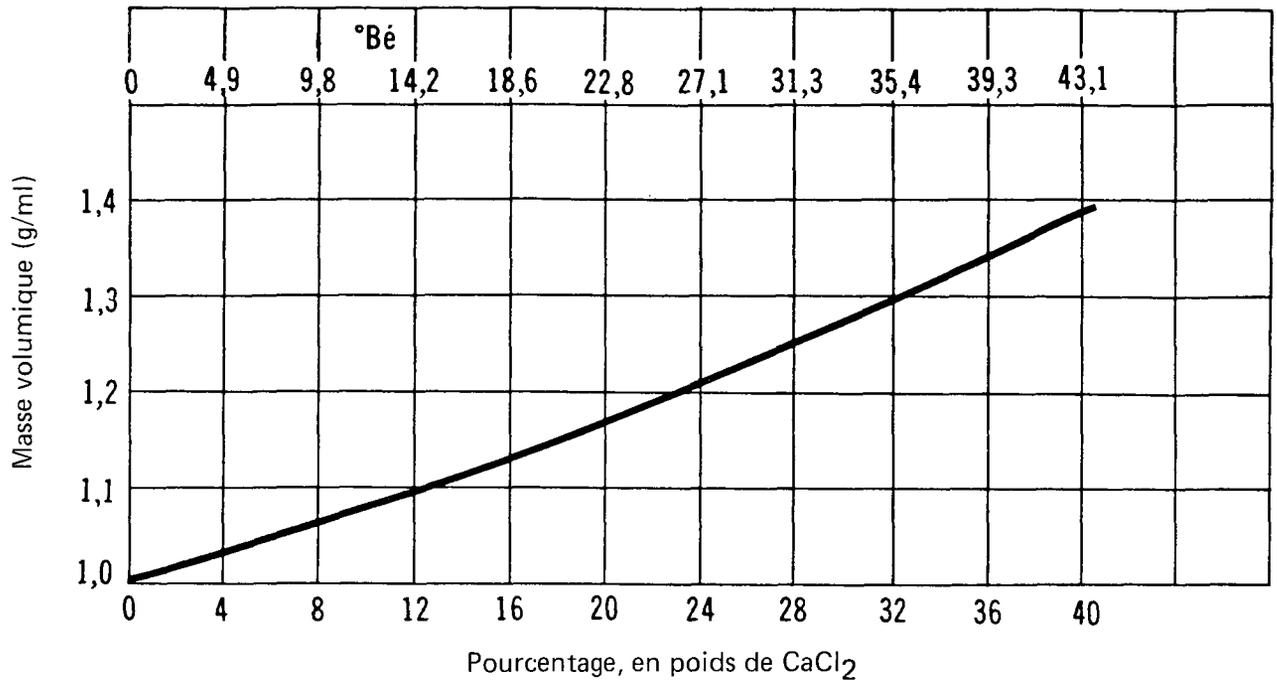


Figure 3

CHLORURE DE CALCIUM (anhydre)

SOLUBILITÉ DANS L'EAU  
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Ullmann, 1975

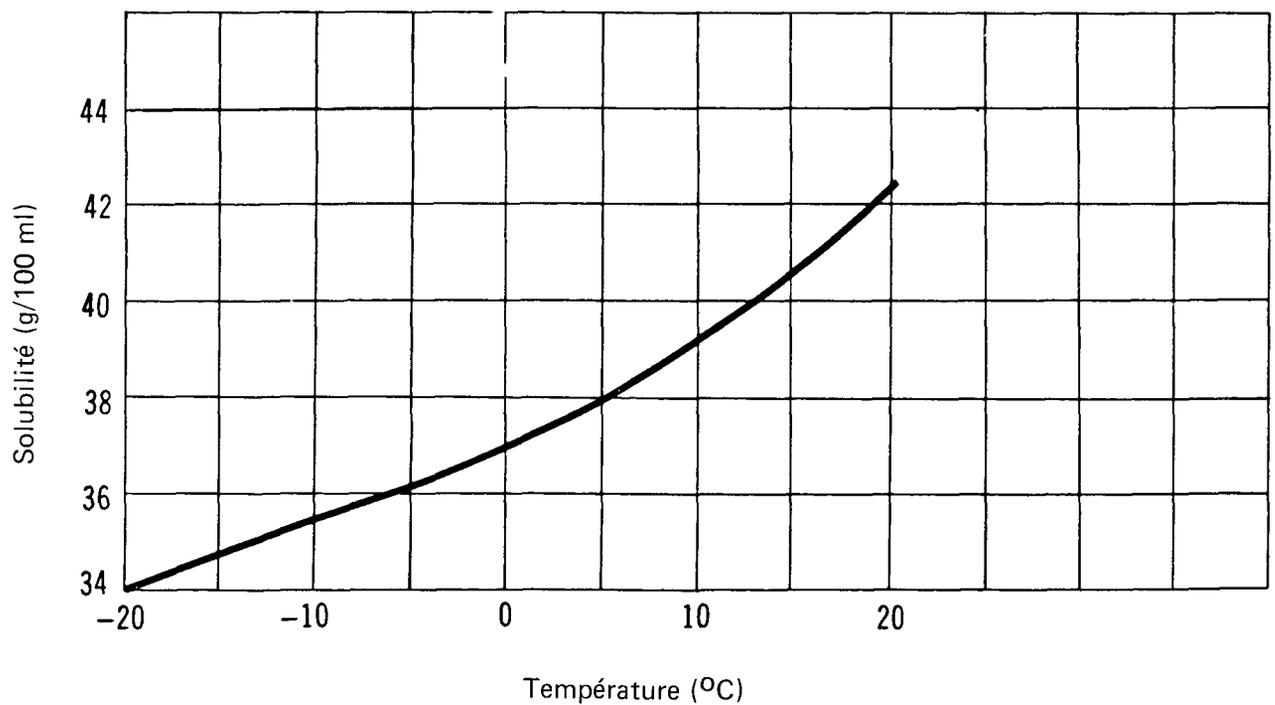


Figure 4

CHLORURE DE CALCIUM (solutions et hydrates)

TENSION DE VAPEUR EN FONCTION  
DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Dow, 1974

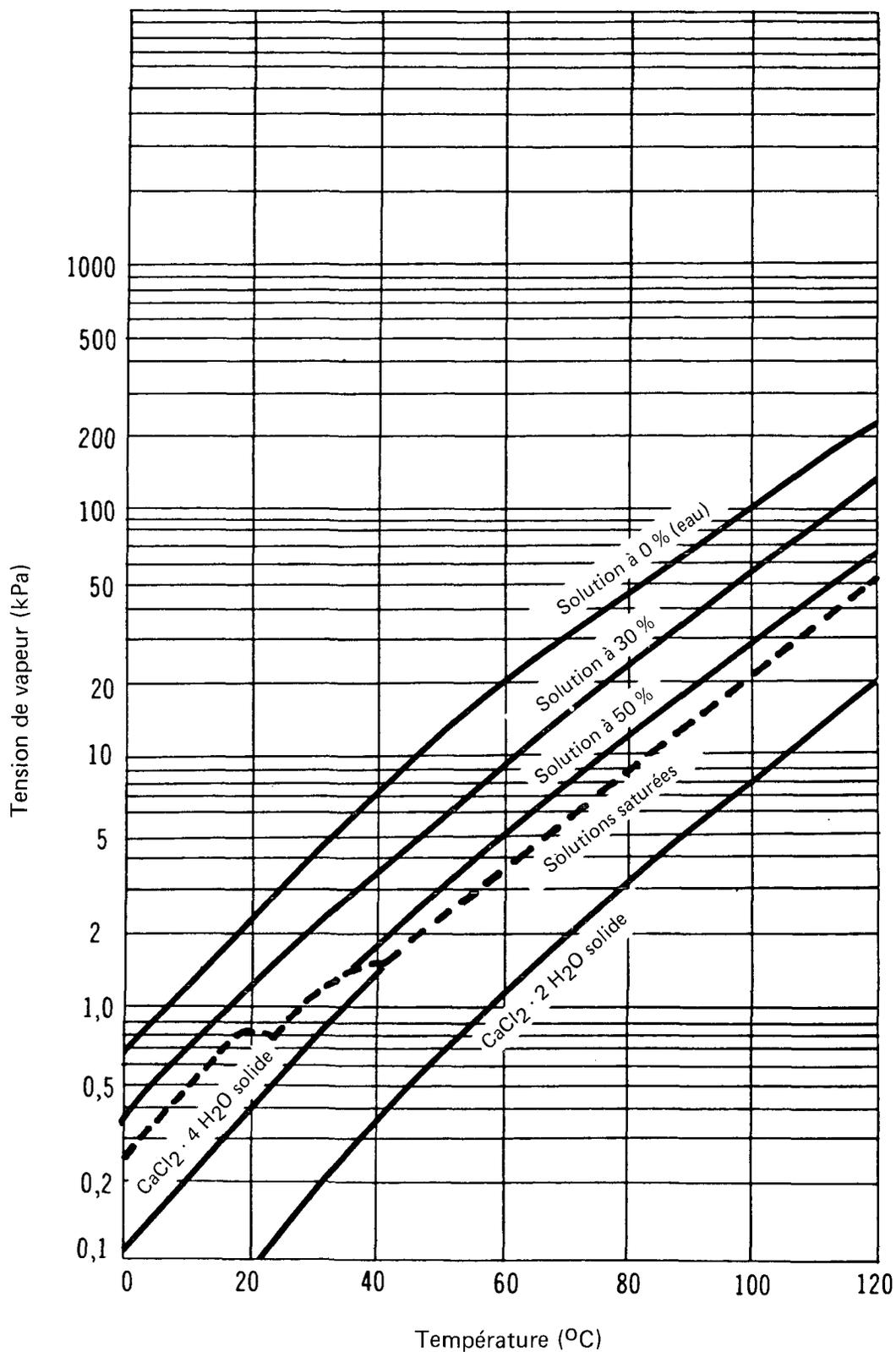


Figure 5

CHLORURE DE CALCIUM (solutions)

VISCOSITÉ EN FONCTION  
DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Dow, 1974

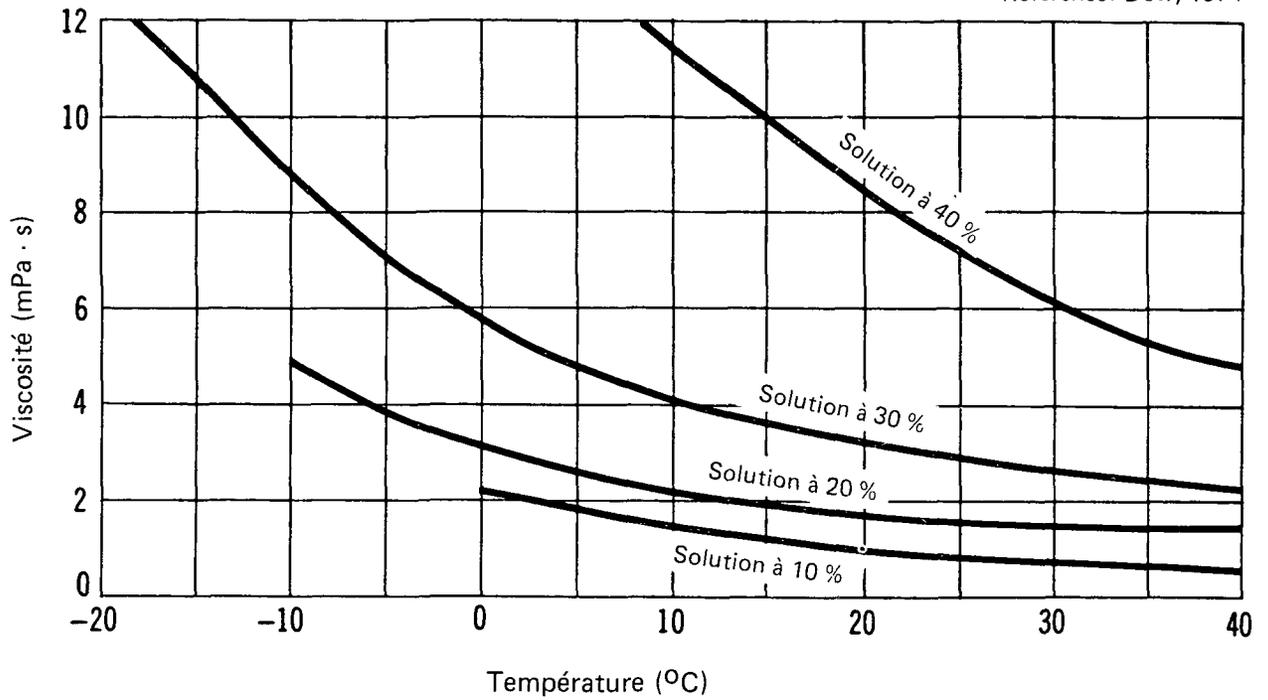


Figure 6

CHLORURE DE CALCIUM (solutions)

POINT D'ÉBULLITION EN FONCTION  
DU POURCENTAGE EN POIDS

Référence: Dow, 1974

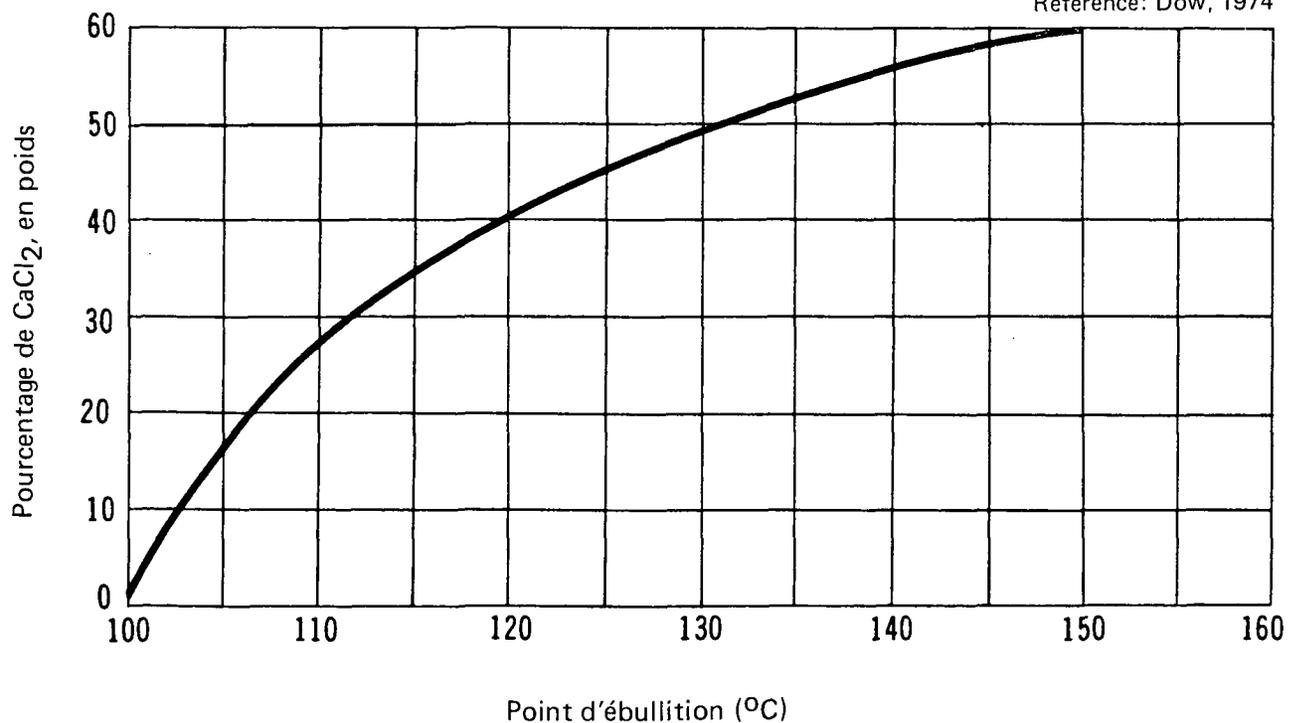
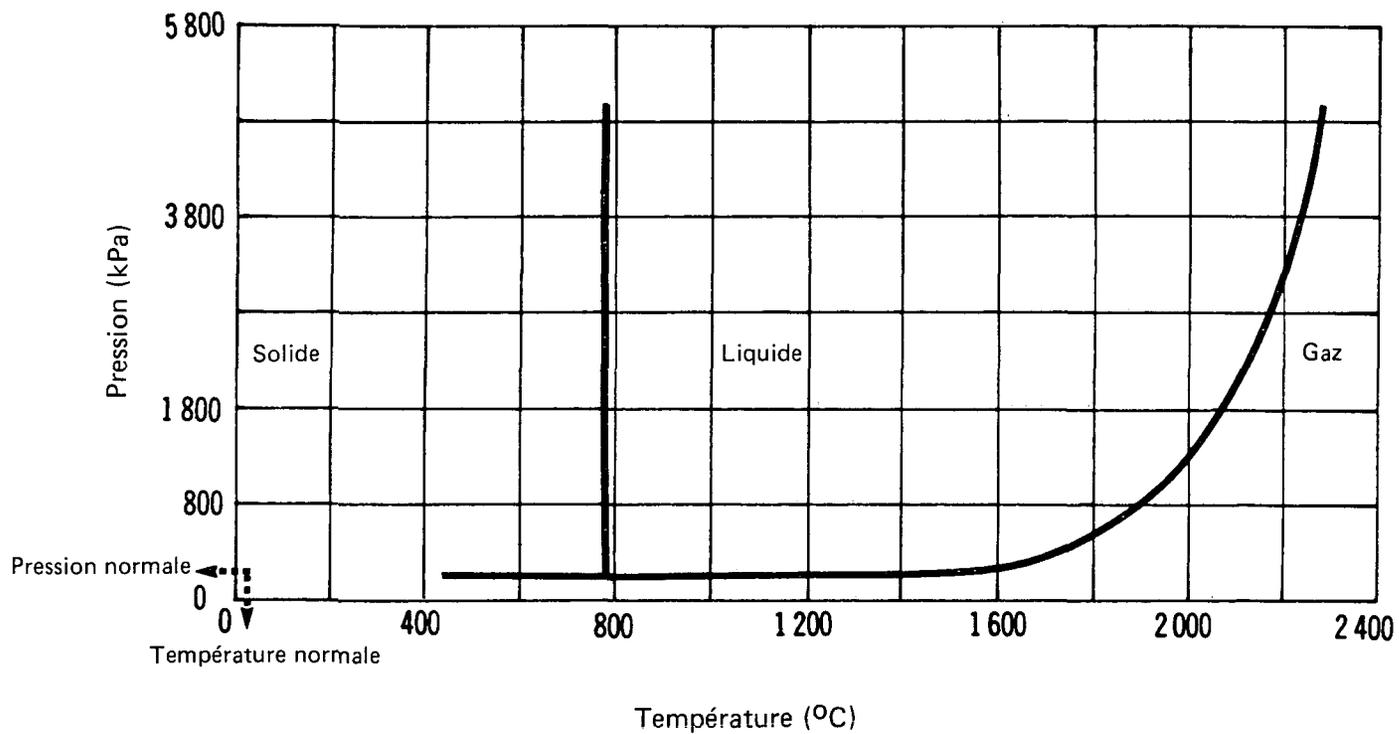


Figure 7

CHLORURE DE CALCIUM (anhydre)

DIAGRAMME DE PHASE



### 3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

#### 3.1 Qualités et teneurs du produit

(Dow, 1974; Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1978)

Le chlorure de calcium est vendu au Canada dans les quatre qualités suivantes:

À l'état solide

- $\text{CaCl}_2$  anhydre, en paillettes ou en granules, teneur de 94-97 p. 100 de  $\text{CaCl}_2$
- dihydraté ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), en paillettes ou en fine poudre, teneur de 77 à 80 p. 100 (sous forme de  $\text{CaCl}_2$ ).

À l'état liquide

- solution de  $\text{CaCl}_2$  dans de l'eau, teneur de 32, 35 ou 38 p. 100 (la solution à 35 p. 100 est la plus courante)
- solution concentrée de  $\text{CaCl}_2$  dans de l'eau, teneur de 40 à 55 p. 100.

#### 3.2 Fabricants au Canada (CBG, 1980; Corpus, 1981)

Allied Chemical Canada, 201 City Centre Drive, Mississauga (Ontario) L5B 2T4, Tél.: (416) 276-9211. En cas d'urgence appeler au (519) 252-5794

Dow Chemical Canada Inc., P.O. Box 1012, Modeland Drive, Sarnia (Ontario), N7T 7K7, Tél.: (519) 339-3131 (le produit est importé des usines de Midland ou Ludington, Michigan)

#### 3.3 Principaux centres de production

Actuellement, tout le chlorure de calcium produit au Canada provient de l'Ontario et de l'Alberta. La plus grande installation de production se trouve à Amherstburg, près de Windsor en Ontario. Cette usine produit à elle seule plus de 95 p. 100 de la production canadienne.

#### 3.4 Volume de production

Société	Emplacement	Capacité nominale kilotonnes/an (1980)
Allied Chemical Canada	Amherstburg (Ont.)	265
Allied Chemical Canada	Brooks (Alb.)	5
Allied Chemical Canada	Drumheller (Alb.)	5
TOTAL		275
Production nationale (1979)		114
Importations (1979)		9
TOTAL		123

#### 3.5 Fabrication industrielle

(Kirk-Othmer 1978; EPA 530/SW 104 C)

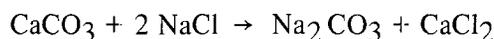
**3.5.1 Information générale.** - Plus de 90 p. 100 du chlorure de calcium produit par Allied Chemical à Amherstburg (Ontario) est un sous-produit du procédé Solvay pour la fabrication

de la soude (carbonate de sodium). Dans ses usines d'Alberta, Allied Chemical obtient le chlorure de calcium par purification de saumures. C'est d'ailleurs ce procédé qui est le plus employé aux États-Unis.

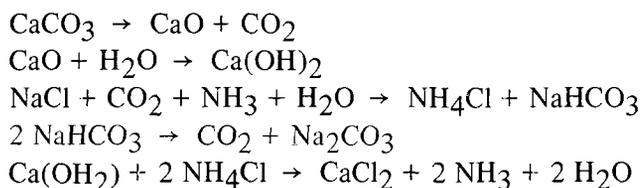
**3.5.2 Matières premières.** – Pour le procédé Solvay, la pierre à chaux (carbonate de calcium) et le sel (chlorure de sodium) sont les matières premières requises. L'extraction par purification de saumures ne requiert que de l'eau salée.

### 3.5.3 Procédés de fabrication

**3.5.3.1 Procédé Solvay.** – Le procédé Solvay est une opération complexe fondée sur la réaction globale



Les réactions intermédiaires comportent:



L'expression de ces réactions a été simplifiée et les équations individuelles ne sont pas forcément balancées pour donner une vue d'ensemble qui soit compréhensible.

**3.5.3.2 Procédé d'extraction par purification de saumures.** – La première opération consiste à extraire le chlorure de magnésium de la saumure provenant des puits par concentration et cristallisation, ou on peut traiter la saumure à la chaux pour faire précipiter l'hydroxyde de magnésium. La saumure est ensuite concentrée dans des évaporateurs à effets multiples pour cristalliser le chlorure de sodium. En faisant chauffer et évaporer la saumure on obtient finalement le  $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ . Ce dernier est utilisé comme tel sous forme de paillettes ou il est calciné pour obtenir du  $\text{CaCl}_2$  anhydre.

## 3.6 Principales utilisations au Canada

(Corpus, 1981; Dow PS, 1980; Hooker PDS, 1980)

Le chlorure de calcium est utilisé en construction routière, pour le déglçage des routes (fonte des neiges et du verglas), le lestage des pneus, la cimentation des puits de pétrole, comme additif des mortiers et bétons, la préparation des saumures de réfrigération, comme agent de protection contre le gel des minerais, du charbon et des granulats, et pour le traitement des déchets. En 1979, 79 p. 100 des ventes étaient destinées à la construction routière, la consolidation des terrains meubles et la lutte contre la poussière.

## 3.7 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1981 et CBG, 1981)

Arliss Chemicals, Pointe-Claire (Qc)  
Anco Chemicals, Toronto (Ont.)  
Anti Hydro Company of Canada, Montréal (Qc)

BDH Chemicals, Toronto (Ont.)  
Chemcor Corp, Montréal (Qc)  
CIL, Willowdale (Ont.)

Dow Chemical, Sarnia (Ont.)  
Ford Motor, Windsor (Ont.)  
W.R. Grace Canada, Toronto (Ont.)  
Harrisons & Crosfield, Toronto (Ont.)  
Lastoplex Chemicals, Weston (Ont.)  
Mallinckrodt, Pointe-Claire (Qc)  
Master Builders, Toronto (Ont.)  
Miller Paving, Toronto (Ont.)  
Park Thermal, Georgetown (Ont.)  
Pollard Bros., Harrow (Ont.)  
Record Chemical, Montréal (Qc)

Services des travaux publics municipaux  
Services de voirie provinciaux  
Shefford Chemicals, Granby (Qc)  
Sika Chemical Canada, Pointe-Claire (Qc)  
Sternson, Brantford (Ont.)  
Swift Canadian, Bramalea (Ont.)  
Toronto Salt & Chemicals, Toronto (Ont.)  
Travis Chemicals, Calgary (Alb.)  
Van Waters & Rogers, Vancouver (C.-B.)  
Winfield Chemical, Woodstock (N.-B.)

## 4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

### 4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

**4.1.1 Transport en vrac.** – Le chlorure de calcium est transporté en vrac soit à l'état solide sous formes anhydre et dihydratée surtout, ou à l'état liquide en solutions diluées ou concentrées; la solution à 35 p. 100 est celle le plus couramment transportée. Le transport en vrac des formes solides se fait par rail, par route ou par bateau. Les formes liquides sont expédiées dans des wagons-citernes ou véhicules-citernes.

**4.1.1.1 Wagons-trémies.** – Pour le transport par rail du chlorure de calcium à l'état solide, on utilise généralement des wagons-trémies AAR classés dans la catégorie LO et identiques à ceux utilisés pour le transport en vrac du ciment (voir la figure 8). Les spécifications relatives à ces wagons-trémies sont données au tableau 2.

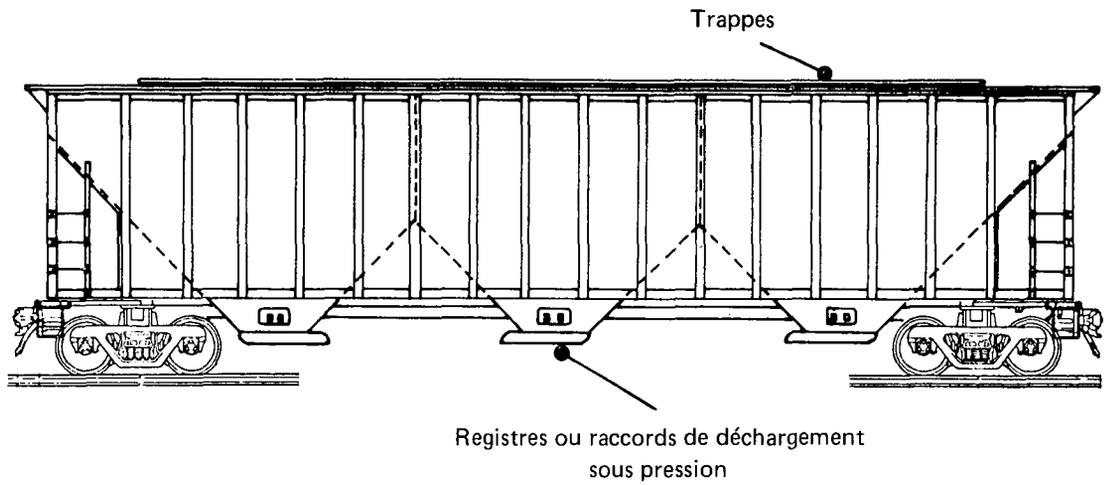
Tableau 2  
Spécifications relatives aux wagons-trémies AAR – Classe LO (CLC, 1974)

Description	Volume utile	
	164 m <sup>3</sup> (5800 pi <sup>3</sup> )	133 m <sup>3</sup> (4700 pi <sup>3</sup> )
Charge nominale	89 000 kg (196 000 lb)	86 000 kg (190 000 lb)
Tare	45 000 kg (100 000 lb)	45 000 kg (100 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
<b>Trémies ou compartiments</b>		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	Acier
Longueur intérieure	410 cm (160 po)	460 cm (180 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (13 po)	5 m (16 po)
Angle de pente	40-45°	40-45°
<b>Dimensions approximatives</b>		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (59 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (56 pi)
Distance entre les pivots de bogies	16 m (54 pi)	14 m (46 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Hauteur jusqu'au sommet de la passerelle de toit	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (123 po)	3,2 m (126 po)
Longueur intérieure	19 m (63 pi)	17 m (55 pi)
<b>Dispositifs de chargement et de déchargement</b>		
Trappes	Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes rondes ou carrées, de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de diamètre ou de côté	
Registres	Le fond des wagons est équipé de registres carrés de 36 à 61 cm (14 à 24 po) de côté et/ou de raccords de déchargement sous-pression de 10 à 20 cm (4 à 8 po) de diamètre	

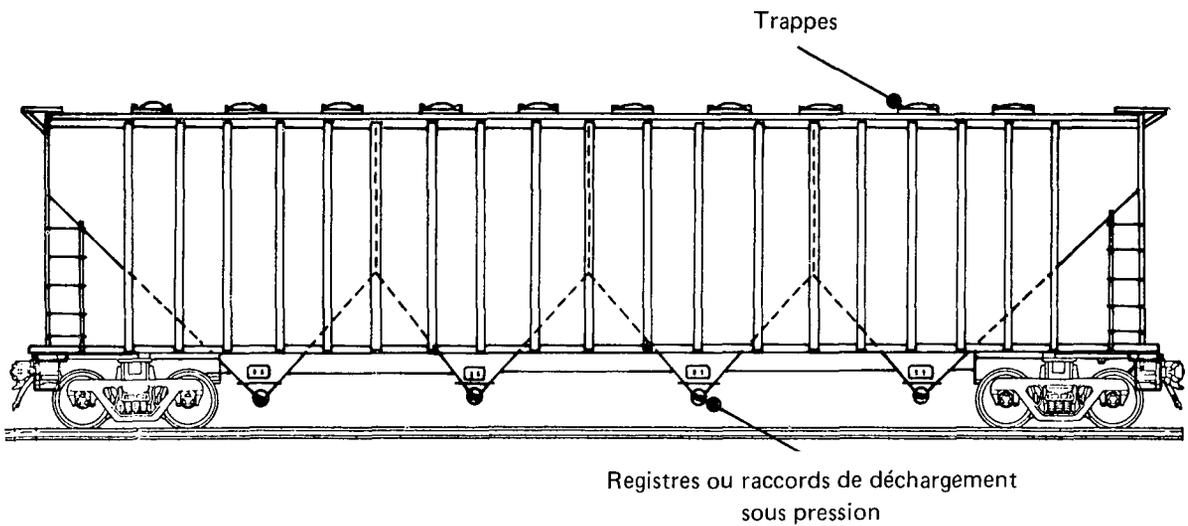
CHLORURE DE CALCIUM

WAGONS-TRÉMIES COUVERTS – AAR CLASSE LO

(Référence: CLC, 1974; AAR, 1983)



Wagon-trémie à cloisons typique n° 3



Wagon-trémie à cloisons typique n° 4

**4.1.1.2 Wagons-citernes.** — Les wagons-citernes servant au transport du chlorure de calcium en solutions diluées ou concentrées ne sont pas réglementés. Rien n'empêche cependant d'utiliser les wagons-citernes CCT/DOT 111A. Voir le tableau 3 pour les spécifications. Le modèle le plus utilisé est le 111A60W1 illustré à la figure 9. Le déchargement se fait au moyen de pompes ou par gravité à travers un orifice de déchargement par le bas, de 102 à 152 mm (4 à 6 po), équipé d'un obturateur intérieur avec enveloppe chauffante.

Tableau 3  
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Numéro de spécification de la CCT et du DOT*	Description
111A60W1	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Événement de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi)
111A60F1	Citerne en acier soudé par forgeage, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Événement de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi)
111A100W1	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolée ou non isolée. Volume libre pas inférieur à 2 p. 100. Indicateur de niveau. Organe de déchargement par le bas ou orifice de purge facultatif. Événement de sécurité réglé à 690 kPa (100 psi).

\*Department of Transportation (U.S.A.)  
Commission canadienne des transports.

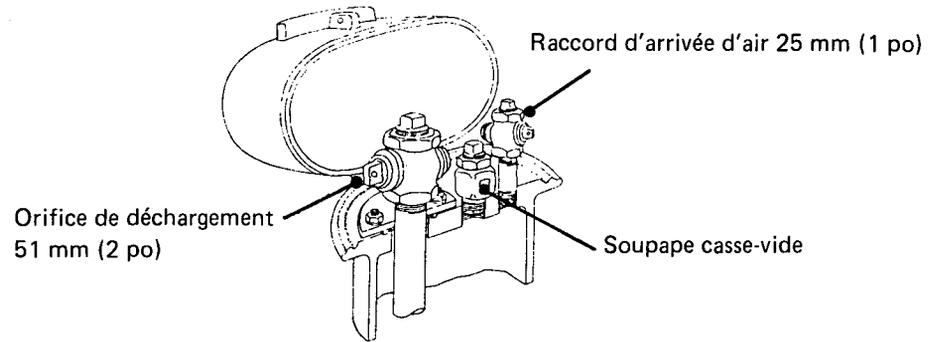
Le déchargement peut également se faire par le haut au moyen d'air comprimé. Dans ce cas, le chlorure de calcium passe dans une tubulure de déchargement qui part du fond de la citerne et débouche sur la plate-forme supérieure. Cette tubulure se termine par un raccord de déchargement constitué le plus souvent d'un robinet à tournant conique, fileté, de 51 mm (2 po). Une pression d'air de 138 kPa (20 psi) est appliquée par le raccord d'arrivée d'air de 25 mm (1 po) (CC, 1958).

Les matériaux employés pour la fabrication des citernes sont choisis en fonction de la teneur du produit à transporter. Pour les solutions de chlorure de calcium de 32 p. 100 à 45 p. 100, on utilisera de l'acier malléable, en particulier l'acier en feuille ASTM A-283, catégorie C, offrant une tolérance de 3 mm à la corrosion. Pour les solutions concentrées de chlorure de calcium, on utilisera de préférence de l'acier inoxydable 316 ou des alliages Monel. Les citernes peuvent être fabriquées en acier inoxydable et doublées de nickel ou d'un matériau résistant au chlorure de calcium (CC, 1958).

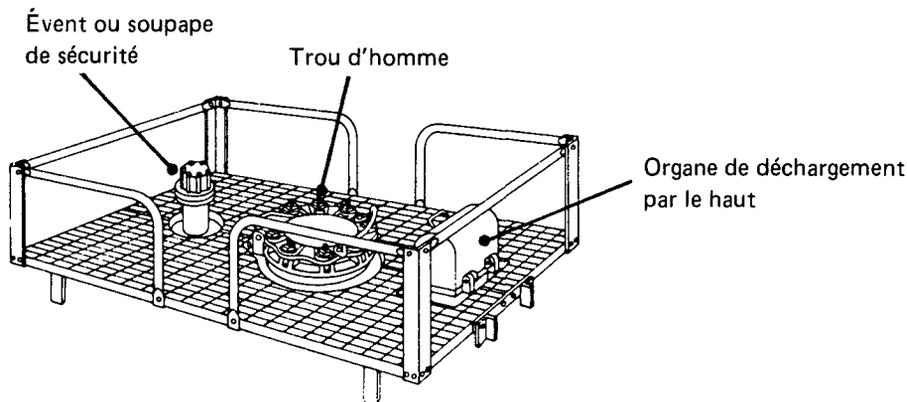
CHLORURE DE CALCIUM

WAGON-CITERNE – CLASSE 111A60W1

(Référence: TCM, 1979; RTDCR, 1974)



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme supérieure

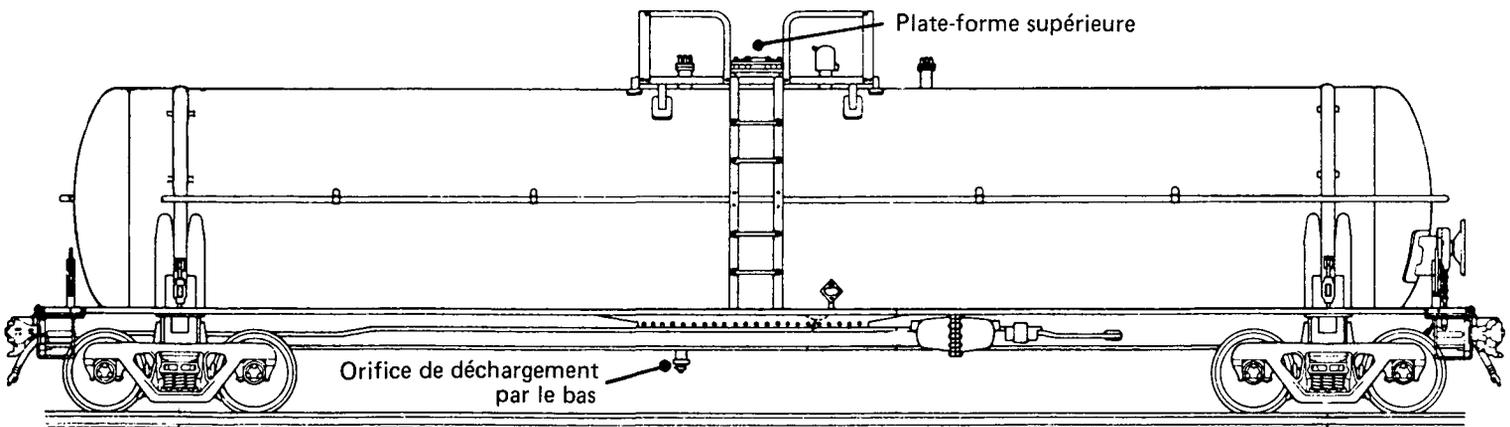


Illustration du wagon-citerne

Les citernes servant au transport de solutions concentrées de chlorure de calcium peuvent nécessiter la pose de serpentins de chauffage extérieurs et devoir être isolées avec de la laine de verre. Les serpentins de chauffage sont construits en tube d'acier A53, catégorie B, de 203 mm (8 po) de diamètre, de forme semi-ovale. Les serpentins sont disposés sur le tiers inférieur de la citerne (TCM, 1979).

La citerne doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 241 kPa. L'organe de déchargement par le haut et le raccord d'arrivée d'air doivent être protégés par un capot. Les solutions de chlorure de calcium ne sont *jamais* transportées sous pression.

**4.1.2 Emballage.** – Le chlorure de calcium en paillettes, en poudre ou autres formes solides est également transporté en sacs et en fûts (CC, 1958; Dow, 1974; CCPA, 1982).

- Sacs de 25 ou 40 kg (poids net) soit approximativement 60 et 90 lb, en papier multi-plis
- Fûts de 45 ou 181 kg (poids net) soit approximativement 100 et 400 lb, en acier (rarement utilisés).

## 4.2 Déchargement

### 4.2.1 Matériel et procédé de déchargement des wagons

**4.2.1.1 Wagons-trémies.** – Le chlorure de calcium en paillettes ou en granules transporté par wagons-trémies est déchargé directement dans des convoyeurs, des silos de stockage ou des trémies situées en contrebas des voies. Dans ce dernier cas, le chlorure de calcium sera réacheminé au moyen de convoyeurs à bande ou, occasionnellement, de transporteurs à vis sans fin (CC, 1958; Dow, 1974).

Certaines précautions s'imposent avant de procéder au déchargement des wagons (CC, 1958):

- s'assurer que le réservoir de stockage à évent a la capacité suffisante pour recevoir le contenu du wagon-citerne;
- le personnel *ne doit en aucun cas* pénétrer dans le wagon;
- les freins doivent être serrés et les roues, calées; il faut installer un taquet de déraillement;
- s'assurer que le quai de déchargement offre toutes les conditions de sécurité voulues.

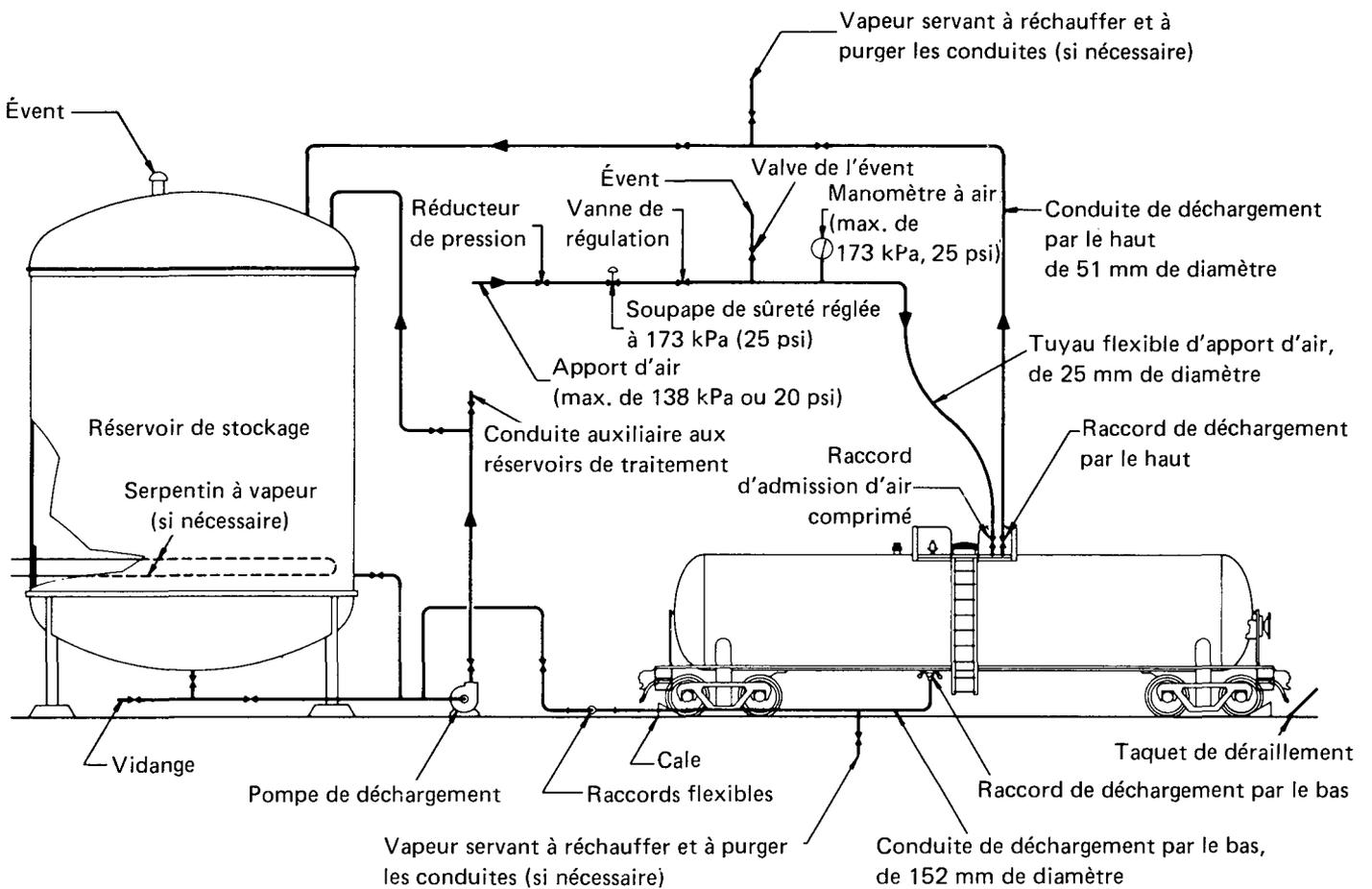
**4.2.1.2 Wagons-citernes.** – Le chlorure de calcium transporté par wagons-citernes peut être déchargé par le haut ou par le bas (consulter la figure 10).

Pour le déchargement par le haut, procéder comme suit (CC, 1958):

- retirer le capot qui protège l'organe de déchargement et le raccord d'admission d'air situés sur le dessus de la citerne; raccorder la conduite de déchargement de 51 mm (2 po) à l'organe de déchargement et brancher la conduite d'amenée d'air comprimé de 25 mm (1 po). Abaisser la pression d'air à 138 kPa (20 psi) ou moins pour le déchargement. La conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 173 kPa (25 psi).
- après avoir ouvert le robinet de la conduite d'air comprimé, ouvrir le robinet de l'organe de déchargement et procéder au déchargement du wagon-citerne.

Lorsque le déchargement est terminé:

- fermer le robinet de la conduite d'air comprimé et ouvrir la valve de l'évent de celle-ci afin que la pression s'équilibre avec la pression atmosphérique;



Remarque: se référer au texte pour connaître la méthode de déchargement par le haut ou par le bas.

Tableau 4  
Spécifications relatives aux wagons-citernes — classe 111A60W1  
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale		
	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 l)	90 900 l (20 000 gal)
<b>Structure</b>			
Tare	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
<b>Citerne</b>			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre int.	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)
<b>Dimensions approximatives</b>			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Longueur entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet			
du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout			
(avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)
<b>Dispositifs de chargement/déchargement</b>			
<u>Déchargement par le haut</u>			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Trou de remplissage ou de visite	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)
<u>Déchargement par le bas</u>			
Orifice de déchargement			
par le bas	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)
<b>Dispositifs de sécurité</b>			
		Évent ou soupape de sécurité	
<b>Dôme</b>			
		Aucun	
<b>Isolation</b>			
		Facultative	

- fermer le robinet de l'organe de déchargement;
- débrancher la conduite d'admission d'air et la conduite de déchargement;
- replacer le capot de protection sur l'organe de déchargement et le raccord d'admission d'air.

Pour le déchargement par le bas du wagon-citerne, procéder comme suit (CC, 1958):

déchargement par gravité ou au moyen d'une pompe

- par temps froid, réchauffer le raccord de déchargement par le bas avec de la vapeur; il faut pour cela raccorder les serpentins à vapeur à la vapeur vive;
- après avoir raccordé la conduite de déchargement à l'orifice de déchargement par le bas, de 152 mm (6 po), ouvrir l'obturateur intérieur de déchargement par le bas, commandé par le haut, en tournant le volant (levier) de commande situé sur la plate-forme supérieure du wagon;
- procéder au déchargement.

Le déchargement étant terminé:

- fermer l'obturateur intérieur de déchargement commandé par le haut, débrancher la conduite de déchargement par le bas.

#### déchargement au moyen d'air comprimé

- par temps froid, réchauffer le raccord de déchargement par le bas avec de la vapeur; il faut pour cela raccorder les serpentins à vapeur à la vapeur vive;
- raccorder la conduite de déchargement à l'orifice de déchargement par le bas, de 152 mm (6 po);
- brancher la conduite d'amenée d'air comprimé, de 25 mm (1 po). Abaisser la pression d'air à 138 kPa (20 psi) pour le déchargement. La conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 173 kPa (25 psi);
- ouvrir le robinet de la conduite d'air comprimé;
- ouvrir l'obturateur intérieur de déchargement par le bas, actionné par le haut, en tournant le volant (levier) de commande situé sur la plate-forme supérieure du wagon;
- procéder au déchargement.

Lorsque le déchargement est terminé:

- fermer le robinet de la conduite d'air comprimé et ouvrir la valve de l'évent installé sur celle-ci afin que la pression s'équilibre avec la pression atmosphérique;
- fermer l'obturateur de déchargement actionné par le haut;
- débrancher la conduite d'air comprimé puis la conduite de déchargement par le bas.

**4.2.2 Matériel pour le déchargement du chlorure de calcium transporté en sacs ou en fûts.** — On se sert du matériel normalement utilisé pour la manutention des solides. La plupart des produits transportés en sacs sont placés sur des palettes. Par mesure de sécurité, les sacs ou fûts devraient être arrimés aux palettes soit par cerclage, soit à l'aide d'un feuillard extensible.

#### **4.2.3 Matériaux de fabrication et spécifications pour les organes de déchargement**

##### Conduites et raccords

Acier au carbone sans soudure ASTM A106 série 40. Utiliser de préférence des joints à brides. Toutes les conduites devront être installées de façon à leur donner une légère inclinaison et qu'il ne se forme pas de poches. Les conduites extérieures devront être munies d'un dispositif de maintien en température (tube alimenté en vapeur ou câble électrique chauffant) et seront isolées (CC, 1958). Du tuyau flexible en acier ou en caoutchouc armé ou du tuyau rigide avec joints articulés peuvent être utilisés pour les parties flexibles de la conduite de déchargement.

##### Robinet, vannes, soupapes

Des robinets tournants coniques à boisseau défoncé, lubrifiés, en fer, ou n'importe quel robinet-vanne en fer conviennent. Pour les solutions chaudes, employer de préférence des robinets tournants coniques à boisseau défoncé, lubrifiés, en nickel

##### Joints d'étanchéité

Amiante ou Viton

##### Pompes

On recommande d'utiliser une pompe centrifuge à simple ouïe avec arbre en Monel, corps et rotor en ferro-nickel. Un rotor à ailettes anti-retour, un presse-étoupe extra-long, un joint hydraulique et une garniture en métal et amiante contribueront à réduire les fuites (CC, 1958).

La pompe devrait être munie de brides aux deux extrémités. Les raccords vissés sont déconseillés vu que le risque de fuites est plus grand.

#### Réservoirs de stockage

On utilise en général des réservoirs en acier soudé par fusion ayant une capacité de 56 750 l (12 500 gal) et 75 700 l (16 700 gal). Ils devraient être garnis de serpentins de chauffage pour éviter que les solutions ne gèlent. Le corps et le fond embouti seront fabriqués avec des feuilles d'au moins 9 mm d'épaisseur (CC, 1958). Si, comme cela arrive fréquemment, du chlorure de calcium en solution est stocké dans des réservoirs construits pour recevoir du pétrole, il faut tenir compte de sa densité relative et abaisser le niveau de remplissage en conséquence (CCPA, 1982).

### **4.3 Compatibilité avec les matériaux de construction**

La compatibilité du chlorure de calcium et des matériaux qui entrent dans la fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 4. Le système d'évaluation utilisé dans le tableau 4 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau aura une performance satisfaisante pour l'application indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'application indiquée; il peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.

Déconseillé: L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 5  
Compatibilité du chlorure de calcium et certains matériaux de fabrication

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
1. Conduites et raccords	Saturé	121 (DCRG, 1978)	Polyéther chloré		
	Saturé	135	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
	Dilué	Jusqu'à la limite de tolérance du matériau	Chlorure de polyvinyle I Acrylonitrile-butadiène-styrène Polyéthylène (MWPP, 1978) Fer Nickel Certains alliages de nickel et de cuivre Certains alliages de nickel et de fer (CC, 1978)		
2. Robinetterie	10 à 30 %	79	Laiton ou bronze avec joints en téflon ou en graphite imprégné d'amiante (Dow, 1974)	Acier inoxydable 316	Métal jaune
3. Pompes	Toutes	93	Ester vinylique renforcé à la fibre de verre avec joint torique en caoutchouc fluoré	Corps et rotor en fonte austénitique avec arbre en acier (CC, 1958)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
	Concentré	Chaud	Ferro-nickel à 3 % (CC, 1958) Acier inoxydable 316 (Dow, 1974) Nickel ou alliage au nickel (CC, 1958) Pompes rotatives tout en fer Garniture: amiante et métal (CC, 1958)		
4. Emmagasinage	La plupart des qualités et teneurs	Ambiante	Feuilles d'acier au carbone malléable de 10 mm (CC, 1958)		Aluminium et ses alliages (Dow, 1974)
	La plupart des qualités et teneurs	Ambiante	Feuilles d'acier au carbone de 3-10 mm (Dow, 1974)		
5. Autres	5 %	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 (ASS)	
	Saturée	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 Acier inoxydable 304 (ASS)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
	Dilué	40	<p>Les enduits suivants peuvent être utilisés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Résine epoxy catalysée</li> <li>– Copolymère de résine epoxy phénolique</li> <li>– Uréthane</li> <li>– Epoxy de goudron</li> <li>– Vinyle</li> </ul> <p>(Dow, 1974)</p> <p>Chlorure de polyvinyle non plastifié</p> <p>Polyéthylène</p> <p>Polypropylène</p> <p>Polyoxyméthylène</p> <p>Caoutchouc naturel</p> <p>Caoutchouc nitrile (Nitrile, Buna N)</p> <p>Caoutchouc butyle</p> <p>Copolymère éthylène-propylène</p> <p>Polychloroprène (Néoprène)</p> <p>Caoutchouc fluoré (Viton)</p> <p>Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon)</p> <p>(GFPS)</p>		
	Dilué	60	<p>Polyéthylène</p> <p>Polypropylène</p> <p>Polyoxyméthylène</p> <p>Caoutchouc naturel</p>	Chlorure de polyvinyle non plastifié (GFPA)	

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
			Caoutchouc nitrile (Buna N)		
			Caoutchouc butyle		
			Copolymère éthylène-propylène		
			Polychloroprène (Néoprène)		
			Caoutchouc fluoré (Viton)		
			Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)		
		60	Chlorure de polyvinyle (TPS, 1978)		
	Saturé	60	Chlorure de polyvinyle non plastifié		
			Polyéthylène		
			Polypropylène		
			Polyoxyméthylène		
			Caoutchouc naturel		
			Caoutchouc nitrile (Buna N)		
			Caoutchouc butyle		
			Copolymère éthylène-propylène		
			Polychloroprène (Néoprène)		
			Ester vinylique renforcé à la fibre de verre		

Application	État du chlorure de calcium		Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Temp. °C			
		66	Polyéthylène chlorosulfoné (GFPS)		
		80	Polypropylène Polypropylène* Caoutchouc nitrile (Nitrile, Buna N) Caoutchouc butyle Copolymère éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)	Polyéthylène Polyoxyméthylène (GFPS)	Chlorure de polyvinyle non plastifié Caoutchouc naturel (GFPS)
		82		Polypropylène (TPS, 1978)	
		85	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)		
		121	Fluorure de polyvinylidène (TPS, 1978)		
	Saturé	100	Caoutchouc nitrile Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) (GFPS)	Polypropylène Caoutchouc butyle Copolymère éthylène-propylène (GFPS)	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polyoxy-méthylène Caoutchouc naturel (GFPS)

État du chlorure de calcium					
Application	Teneur	Temp. °C	Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
	Toutes les formes	Ébullition	Acier inoxydable 316 (ASS)		Acier inoxydable 302 (ASS)
			Caoutchouc naturel Styrène-butadiène (GR-5, Buna S) Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc nitrile Caoutchouc butyle Polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon) Silicone Copolymère éthylène-propylène (GPP)		
	10 à 100 %	24-100	Verre (CDS, 1967)		
	10, 30, 50 ou 100 %	24			Béton (CDS, 1967)
	10 à 20 %	24-100	Bois (épinette, érable) (CDS, 1967)		
	100 %	24	Bois (épinette, érable) (CDS, 1967)		

\* Dans un autre ouvrage consulté, la cote attribuée à ce matériau, pour la même application, était inférieure.

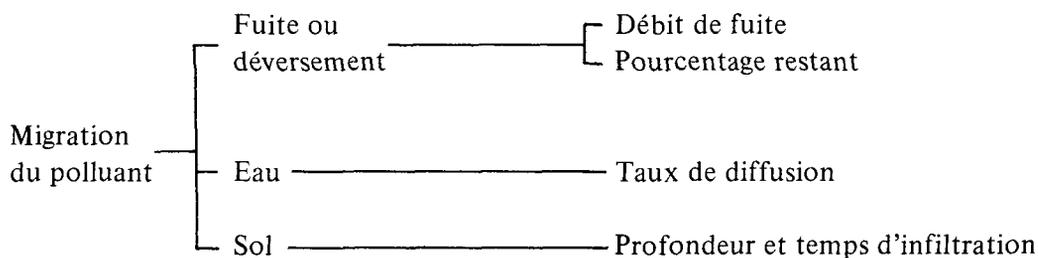
## 5 FUITE ET MIGRATION DU CHLORURE DE CALCIUM

### 5.1 Aperçu général

Le chlorure de calcium est transporté à l'état solide ou en solutions aqueuses. Déversé dans l'eau, le chlorure de calcium se dissout ou se mélange très rapidement. Déversé sur le sol, il se répand à la surface puis pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. L'infiltration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut créer des problèmes sur le plan de l'environnement.

Comme le chlorure de calcium n'est pas volatil, il n'y a pas à craindre de diffusion dans l'atmosphère.

En cas de migration du produit dans l'eau ou dans le sol, les facteurs suivants seront pris en considération :



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

### 5.2 Fuite du produit

**5.2.1 Introduction.** – À l'état liquide, le chlorure de calcium est parfois transporté dans des wagons-citernes. La capacité des wagons-citernes pouvant varier considérablement, un modèle a été choisi pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle retenu mesure 2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur et peut contenir environ 80 000 l de liquide. Nous nous sommes servis du même modèle pour toute la collection Enviroguide afin de permettre des comparaisons.

Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide à mesure que le temps passe. Comme les citernes ne sont pas sous pression supérieure à la pression atmosphérique et que le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré pour la fuite éventuelle de vapeurs par une perforation qui se trouverait dans le haut de la citerne.

#### 5.2.2 Nomogrammes de fuites

**5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps.** – La figure 12 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Les diamètres considérés sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

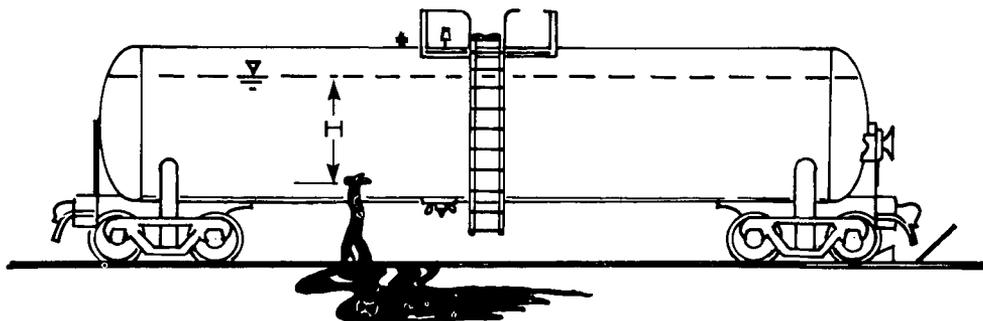


FIGURE 11 WAGON-CITERNE PERCÉ DANS LE BAS

On suppose que le wagon-citerne type (2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur, capacité de 80 000 l) était plein au moment du bris. À noter que le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné ( $t$ ), n'est pas seulement fonction du débit de fuite mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

**5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement.** — La figure 13 permet d'évaluer à n'importe quel moment le débit instantané de fuite après un temps d'écoulement donné ( $t$ ), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

### 5.2.3 Exemple de calcul

#### PROBLÈME A

La paroi d'un wagon-citerne type (2,75 m de diamètre, 13,4 de longueur) rempli de chlorure de calcium en solution a été perforée dans le bas. Le diamètre équivalent ( $\phi$ ) de la perforation est de 150 mm. Après 10 minutes, quel est en pourcentage du volume initial de 80 000 l, le volume de liquide restant?

Solution (voir fig. 12): si  $t = 10$  mn et  $\phi = 150$  mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

#### PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané ( $q$ ) 10 minutes après le début de l'écoulement?

Solution (voir fig. 13): si  $t = 10$  mn et  $\phi = 150$  mm,  $q = 70$  l/s.

## 5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Comme le chlorure de calcium est un produit non volatil, il ne présente aucun risque notable de diffusion dans l'atmosphère dans les déversements accidentels envisageables.

## 5.4 Comportement dans l'eau

**5.4.1 Introduction.** — Lorsque du chlorure de calcium est déversé dans l'eau, il se mélange rapidement avec celle-ci. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les rivières,

Figure 12

CHLORURE DE CALCIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/  
TEMPS D'ÉCOULEMENT

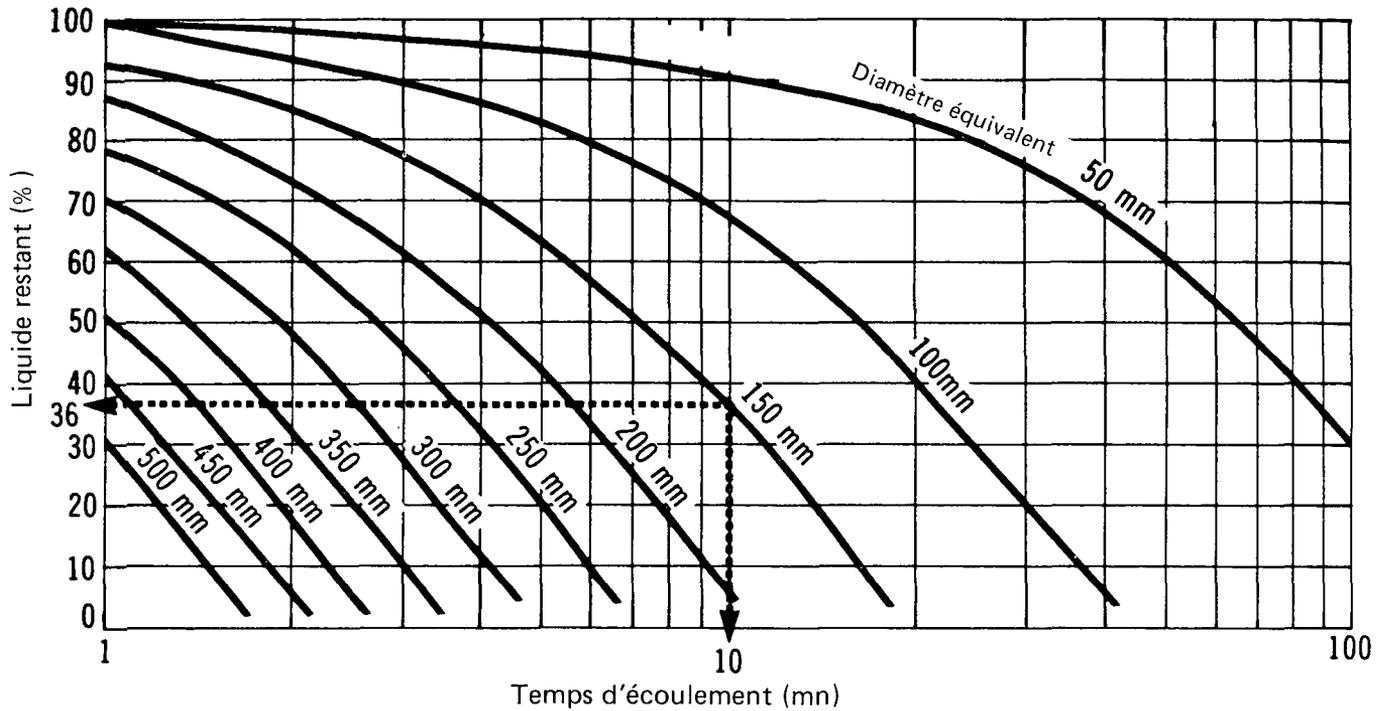
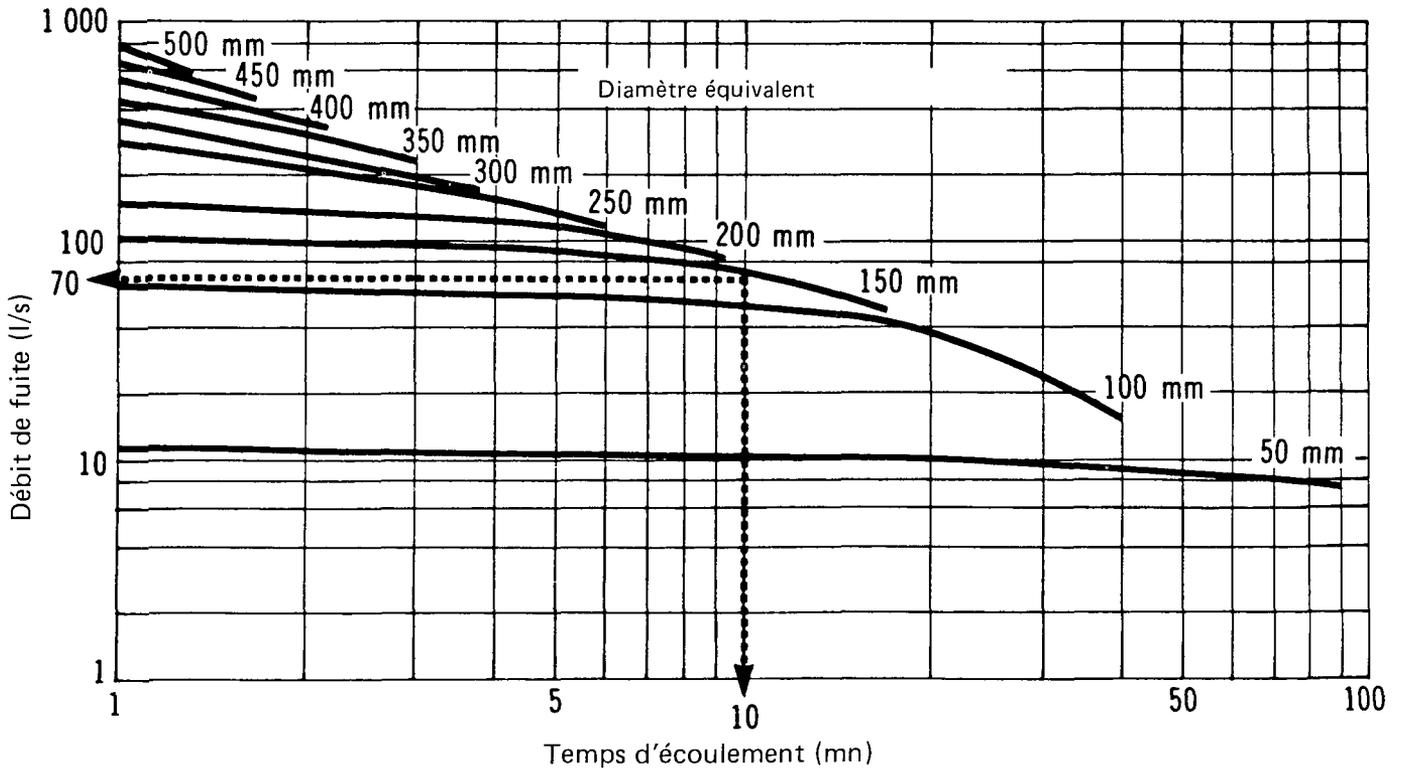


Figure 13

CHLORURE DE CALCIUM

DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT



le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau calme, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative du chlorure de calcium est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux rivières dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le Manuel d'introduction Enviroguide.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

**5.4.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau.** – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluants dans les rivières non soumises aux marées et dans les étendues d'eau calme.

**A. – Rivières non soumises aux marées**

- Figure 15 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement
- Figure 16 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau)
- Figure 17 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement
- Figure 18 Alpha\* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé
- Figure 19 Delta\* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé
- Figure 20 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces

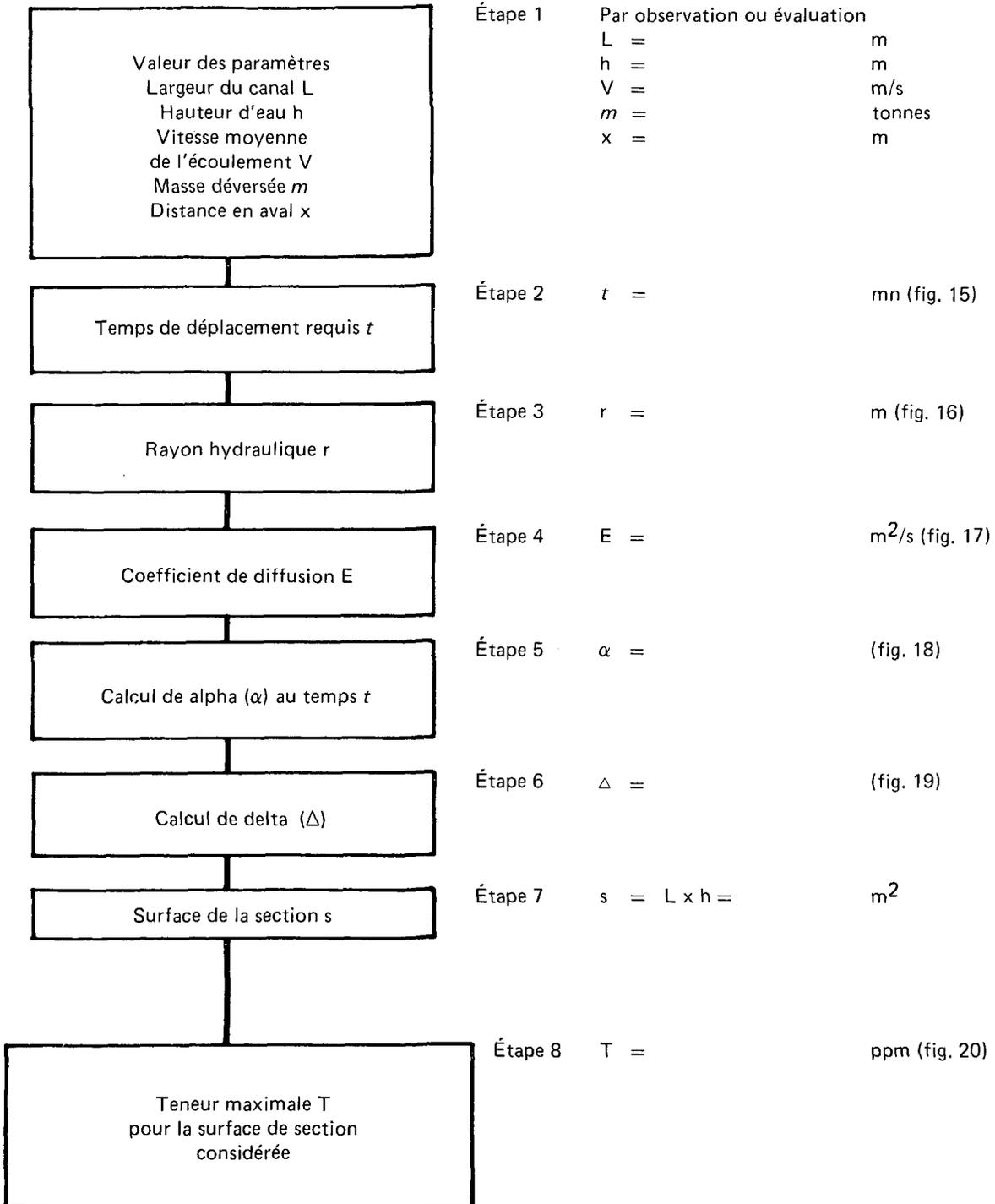
**B. – Étendues d'eau calme ou lacs (au repos)**

- Figure 21 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse pour différentes profondeurs du lac (hauteurs d'eau)
- Figure 22 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse pour différentes masses de liquide déversé

La figure 14 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

---

\* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur unité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu de déversement.



#### 5.4.2.1 Diffusion dans les rivières non soumises aux marées

Figure 15 Distance en fonction du temps. — Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement ( $V$ ) donnée, le temps ( $t$ ) que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance donnée ( $x$ ) en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 16 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. — Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur ( $L$ ), ayant une hauteur d'eau ( $h$ ). Le rayon hydraulique ( $r$ ) doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente ( $E$ ). Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section ( $s$ ) mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé ( $B$ ). La figure 16 permet de déterminer le rayon hydraulique du canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 17 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. — Les données connues sur le rayon hydraulique ( $r$ ) et sur la vitesse moyenne de l'écoulement ( $V$ ) permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente ( $E$ ).

Figure 18 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. — Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion ( $\alpha$ ); ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente ( $E$ ) et du temps ( $t$ ) requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 19 Delta en fonction de alpha. — Un second facteur de conversion, delta ( $\Delta$ ), est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 20 Teneur maximale en fonction de delta. — Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée ( $s$ ), le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

#### 5.4.2.2 Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)

Figure 21 Volume d'eau en fonction du rayon. — L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (dans l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon ( $r$ ) et de longueur ( $h$ ) égale à la hauteur d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 21. Le rayon ( $r$ ) équivaut à la distance ( $x$ ) entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 22 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. — Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

### 5.4.3 Étapes du calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées. — Vingt tonnes d'une solution de chlorure de calcium à 45 p. 100 ont été déversées dans une rivière. La hauteur

CHLORURE DE CALCIUM

DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS

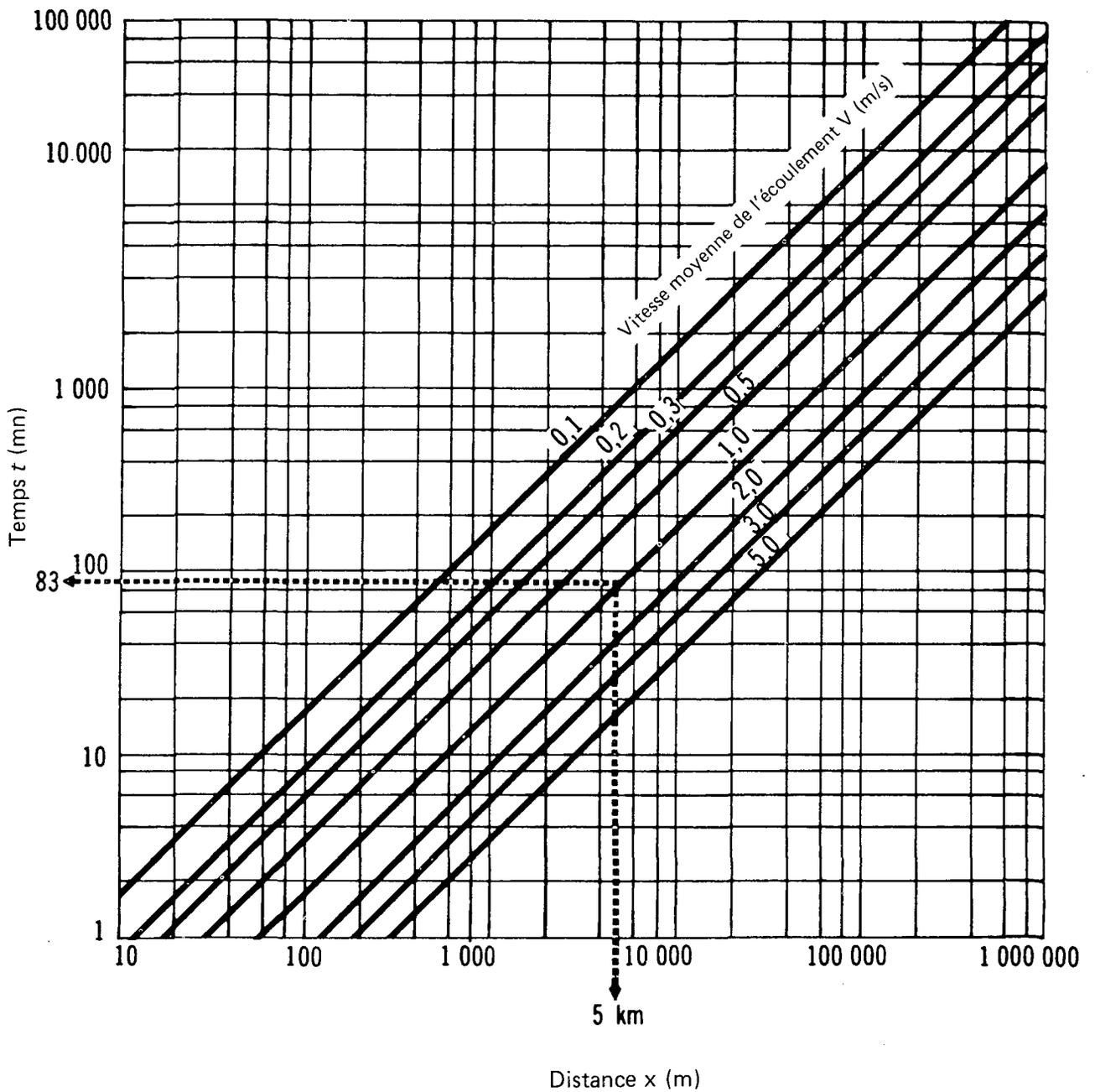
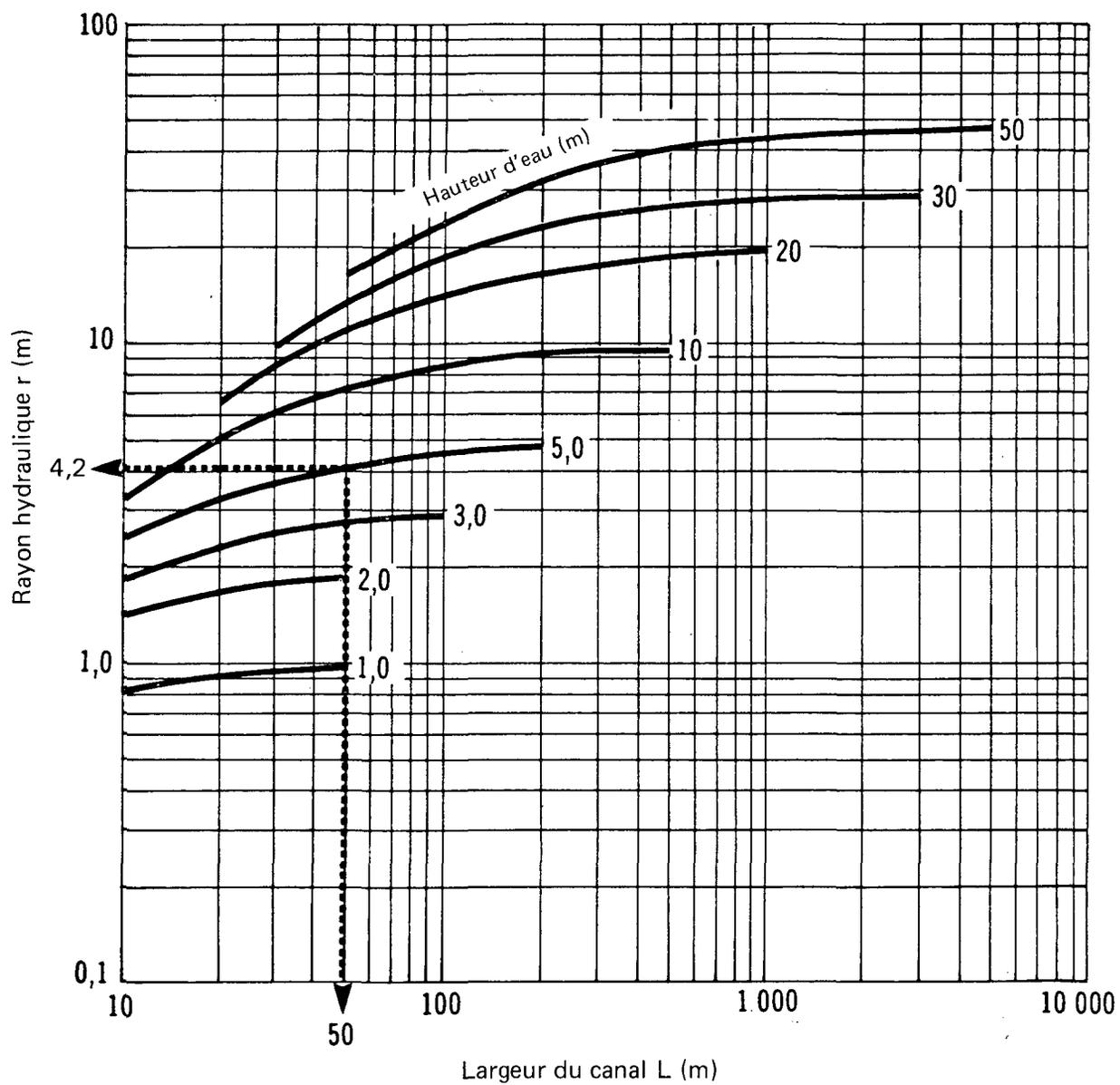


Figure 16

CHLORURE DE CALCIUM

RAYON HYDRAULIQUE  
EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

CHLORURE DE CALCIUM

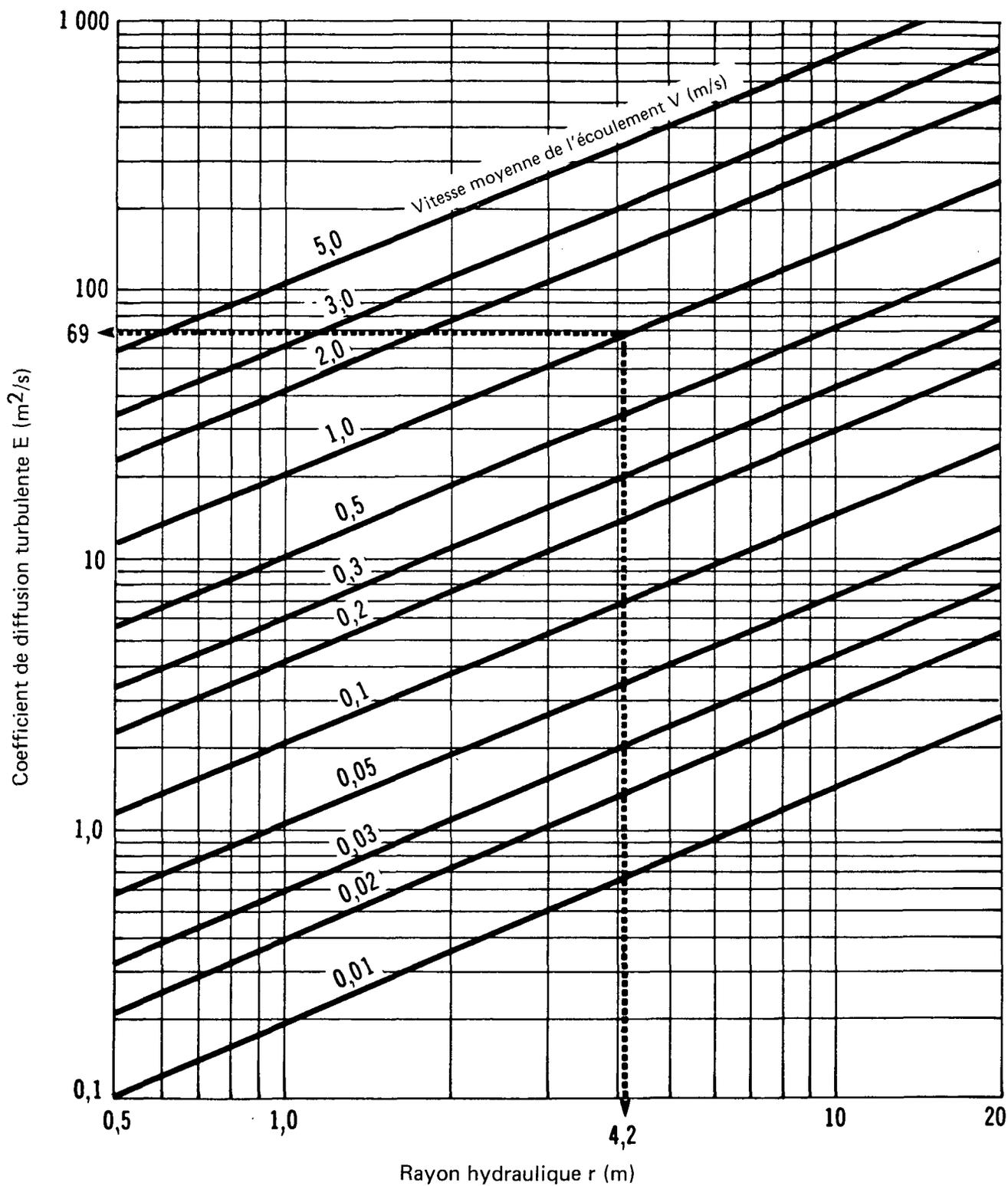
COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE  
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

Figure 18

CHLORURE DE CALCIUM

ALPHA EN FONCTION  
DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

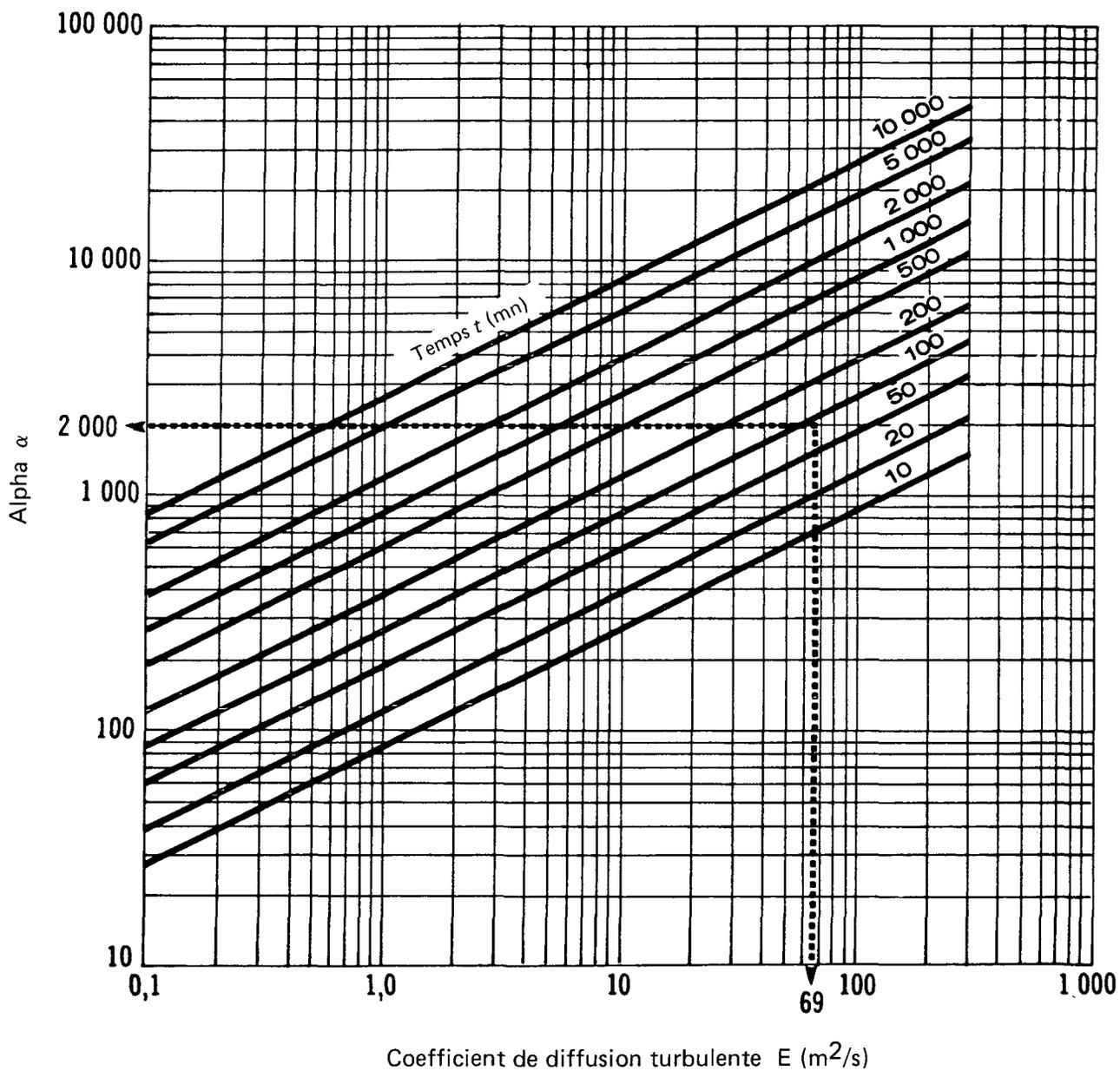


Figure 19

CHLORURE DE CALCIUM

DELTA  
EN FONCTION DE ALPHA

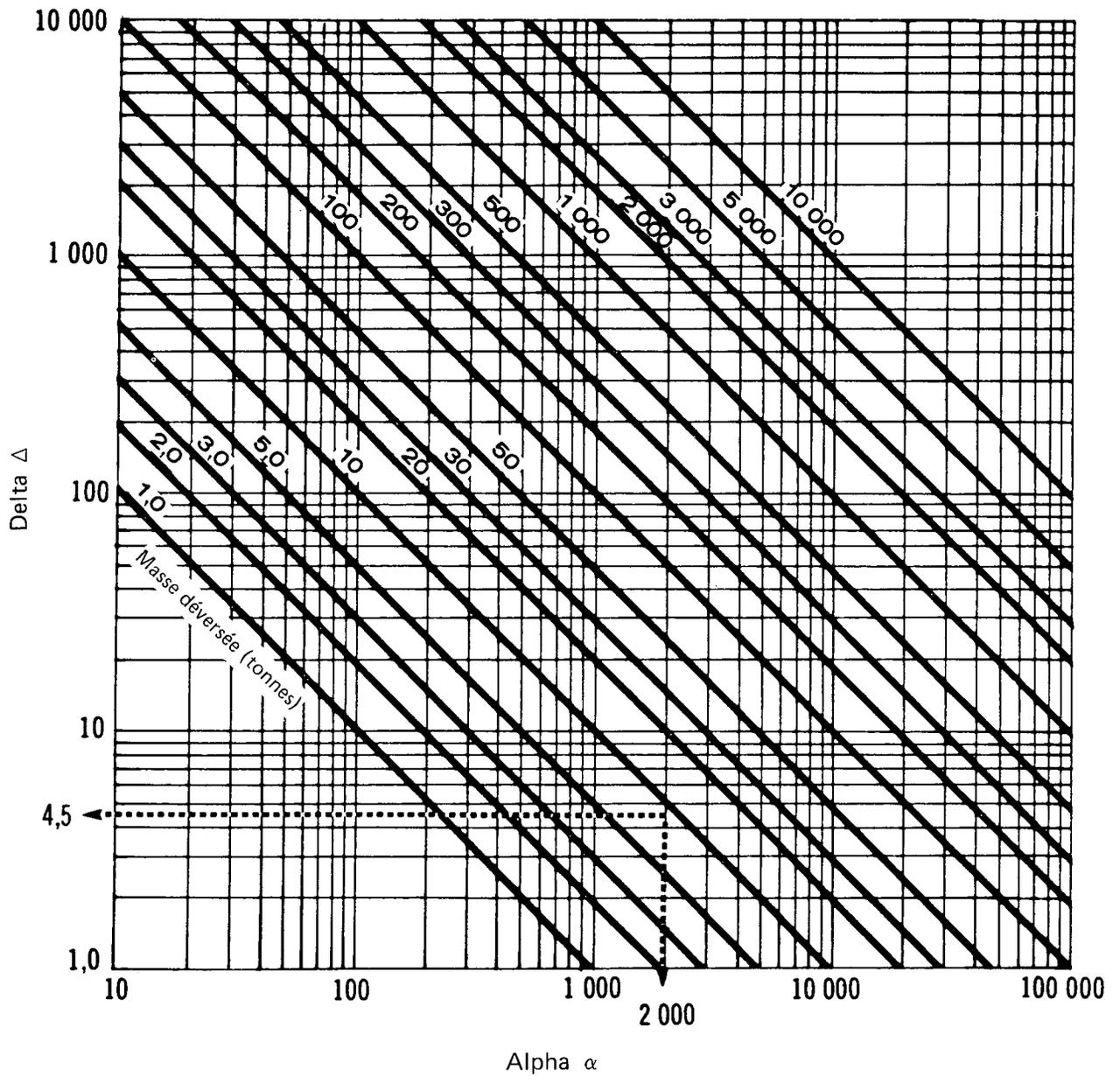
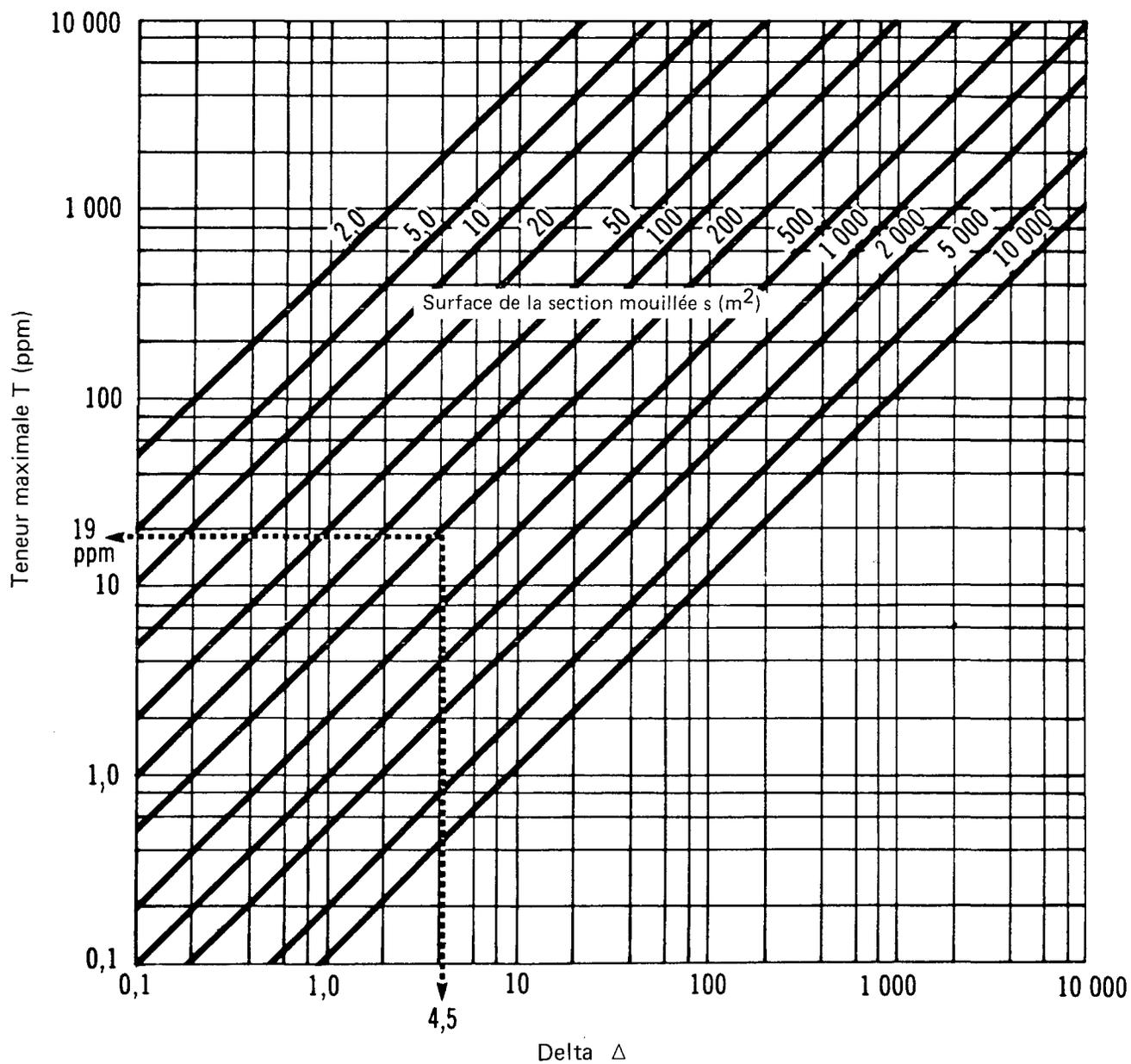


Figure 20

CHLORURE DE CALCIUM

TENEUR MAXIMALE  
EN FONCTION DE DELTA

d'eau (h) est de 5 m et la largeur (L), de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

- Étape 1 Déterminer les paramètres  
 $L = 50 \text{ m}$ ;  $h = 5 \text{ m}$ ;  $V = 1 \text{ m/s}$ ;  $x = 5000 \text{ m}$ :  
 $m = 20$  tonnes d'une solution concentrée à 45 p. 100 = 9 tonnes d'une solution à 100 p. 100 de chlorure de calcium
- Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse  
 Comme  $x = 5000 \text{ m}$  et  $V = 1 \text{ m/s}$ ,  $t = 83 \text{ mn}$  (fig. 15)
- Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique  
 Comme  $L = 50 \text{ m}$  et  $h = 5 \text{ m}$ ,  $r = 4,2 \text{ m}$  (fig. 16)
- Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente  
 Comme  $r = 4,2 \text{ m}$  et  $V = 1 \text{ m/s}$ ,  $E = 69 \text{ m}^2/\text{s}$  (fig. 17)
- Étape 5 Déterminer alpha  
 Comme  $E = 69 \text{ m}^2/\text{s}$  et  $t = 83 \text{ mn}$ ,  $\alpha = 2000$  (fig. 18)
- Étape 6 Déterminer delta  
 Comme  $\alpha = 2000$  et  $m = 9$  tonnes de solution à 100 p. 100 de chlorure de calcium,  $\Delta = 4,5$  (fig. 19)
- Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée  
 $s = L \times h = 50 \times 5 = 250 \text{ m}^2$
- Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse  
 Comme  $\Delta = 4,5$  et  $s = 250 \text{ m}^2$ , la teneur est de 19 ppm (fig. 20)

**5.4.3.2 Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos).** – Vingt tonnes d'une solution de chlorure de calcium à 45 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

- Étape 1 Déterminer les paramètres  
 $h = 5 \text{ m}$ ;  $r = 1000 \text{ m}$ ;  $m = 9$  tonnes (l'équivalent de la solution à 100 p. 100)
- Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion  
 Comme  $r = 1000 \text{ m}$  et  $h = 5 \text{ m}$ , vol. =  $1,5 \times 10^7 \text{ m}^3$  environ (fig. 21)
- Étape 3 Déterminer la teneur moyenne  
 Comme vol. =  $1,5 \times 10^7 \text{ m}^3$  et  $m = 9$  tonnes, la teneur moyenne est de 0,7 ppm (fig. 22).

## 5.5 Comportement dans la subsurface

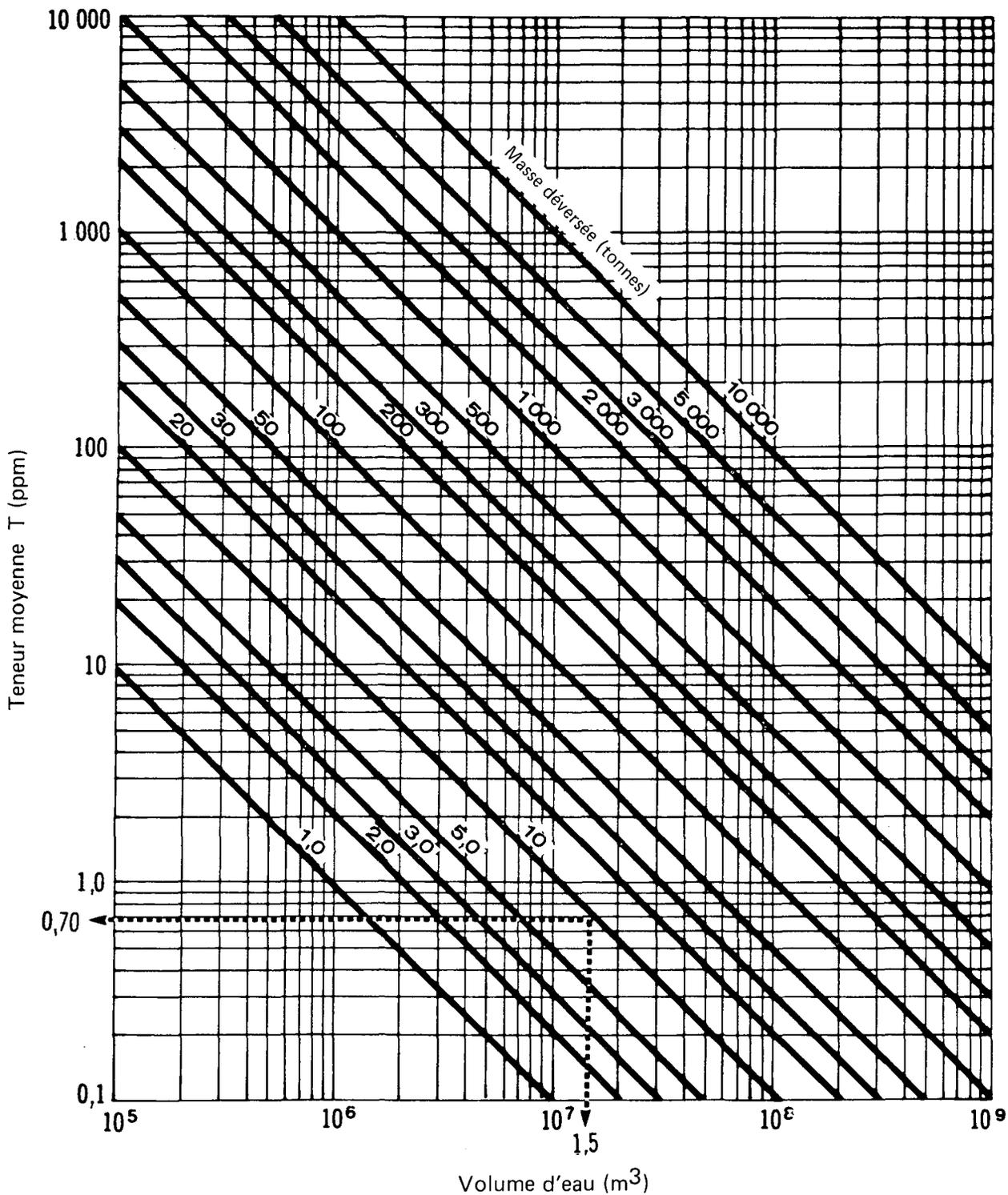
**5.5.1 Mécanismes.** – Les principes de la migration des polluants dans le sol et leur application en ce qui a trait à la présente plaquette ont été expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Nous n'aborderons donc ici que des points particuliers qui sont à considérer advenant le déversement de chlorure de calcium sur le sol et sa migration dans le sol.

Le chlorure de calcium est fréquemment transporté à l'état solide. Advenant un déversement, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec et que le nettoyage intervient avant que des précipitations atmosphériques se produisent. Toute eau tombant sur le sol sous forme de précipitations ou lors des opérations de nettoyage entraînera par contre la dilution du polluant qui peut alors s'infiltrer dans le sol.



CHLORURE DE CALCIUM

TENEUR MOYENNE  
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Comme le chlorure de calcium est très soluble (42,5 g/100 ml à 20 °C), des solutions fortement salines peuvent pénétrer dans le sol. Il se produira certaines interactions entre le CaCl<sub>2</sub> et le sol probablement par échange d'ions. Cependant, la plus grande partie du sel ainsi que les ions échangés s'infiltreront dans le sol.

Il y aura ruissellement si le sol est saturé d'eau au moment du déversement. Pour nos calculs, nous avons supposé une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au « pire cas ».

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de pollution au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant. (Voir figure 23.)

**5.5.2 Migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée.** – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.

**5.5.3 Coefficient de perméabilité du chlorure de calcium en sol saturé.** – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient  $k$  de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu, en m/s. Il est défini par :

$$k = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où:  $k$  = perméabilité intrinsèque du sol (m<sup>2</sup>)

$\rho$  = masse volumique du fluide (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viscosité absolue du fluide (Pa · s)

$g$  = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s<sup>2</sup>

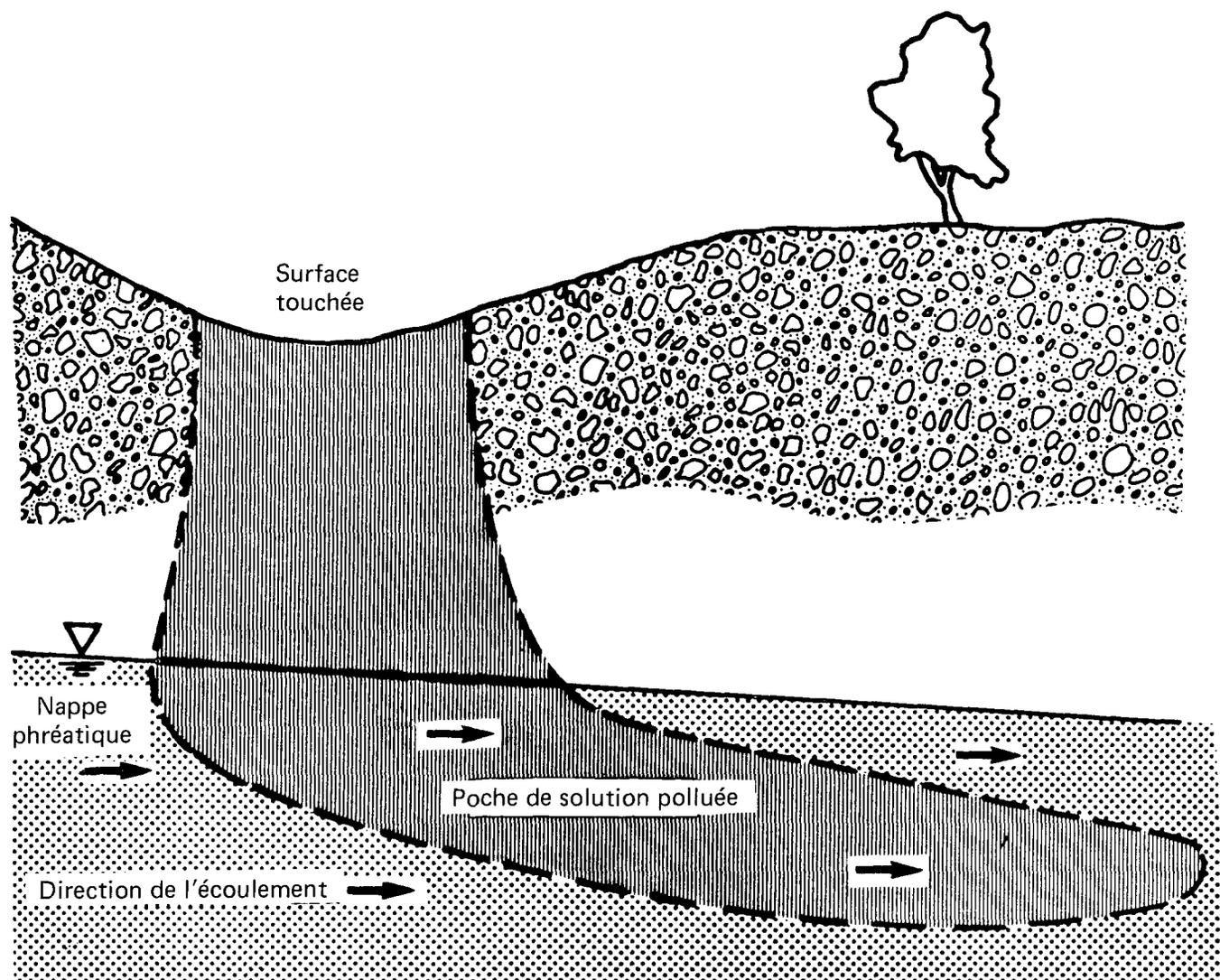
Les deux liquides présents sont le chlorure de calcium en solution à 30 p. 100, et l'eau. Dans le tableau ci-dessous, les données relatives à l'eau représentent le point extrême de dilution du chlorure de calcium.

Propriété	Chlorure de calcium à 30 %		Eau
	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,282	1,284	998
Viscosité absolue $\mu$ (Pa · s)	3,5 x 10 <sup>-3</sup>	2,5 x 10 <sup>-3</sup>	1,0 x 10 <sup>-3</sup>
Coefficient de perméabilité $k$ (m/s)	(0,36 x 10 <sup>7</sup> )k	(0,49 x 10 <sup>7</sup> )k	(0,98 x 10 <sup>7</sup> )k

**5.5.4 Types de sol.** – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-après indique les propriétés qui nous intéressent.

CHLORURE DE CALCIUM

MIGRATION DANS LE SOUS-SOL



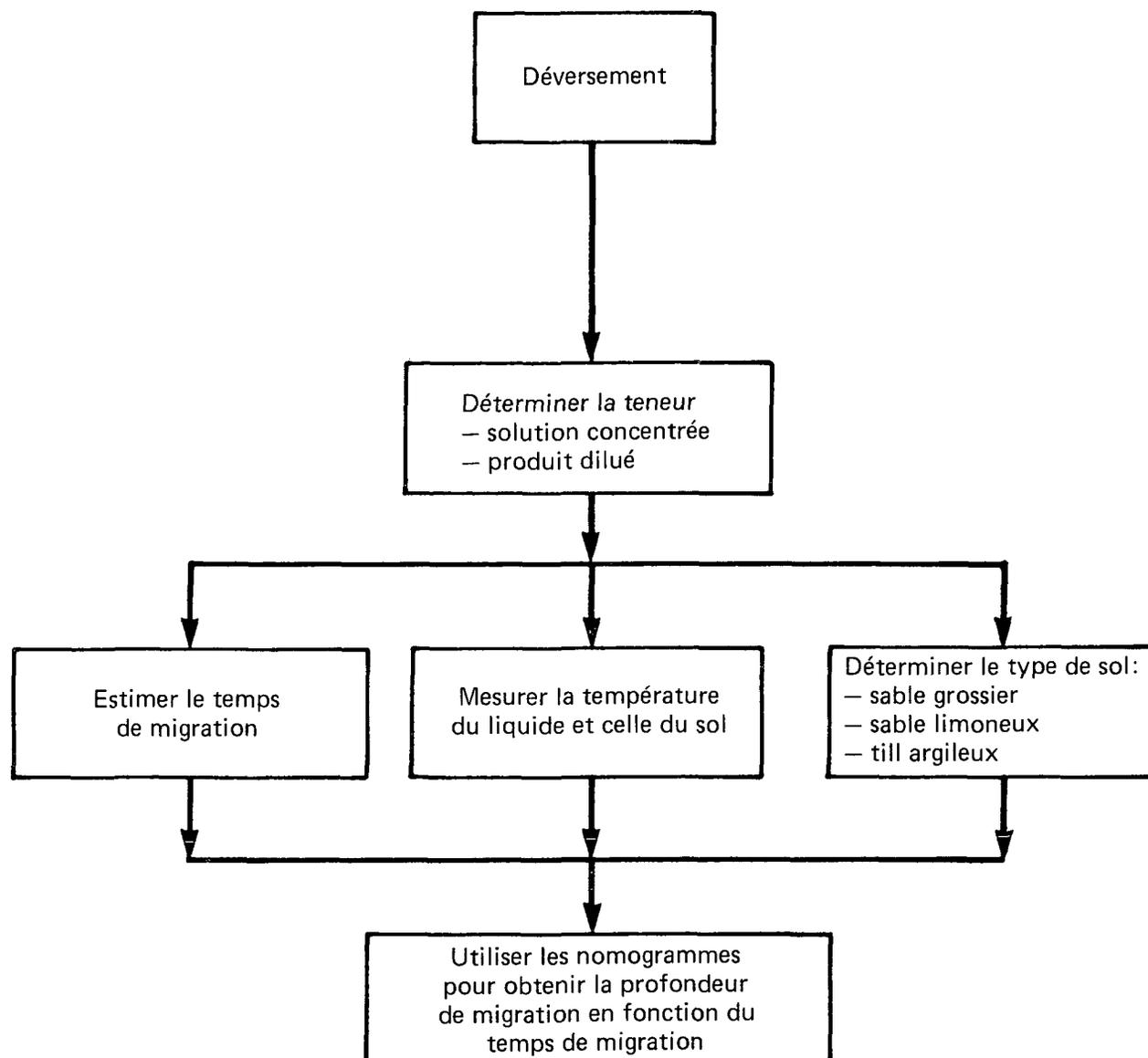
Sol : sable grossier

Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque =  $10^{-9} \text{ m}^2$ , Capacité au champ = 0,075

Figure 24

CHLORURE DE CALCIUM

PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES



Propriété	Types de sol		
	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité ( $m^3/m^3$ )	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque ( $m^2$ )	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$
Capacité au champ ( $m^3/m^3$ )	0,075	0,3	0,45

**5.5.5 Nomogrammes de migration.** – Un nomogramme de migration du chlorure de calcium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 24 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 25, 26 et 27). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du chlorure de calcium dilué à l'extrême au contact de l'eau.

**5.5.6 Exemple de calcul.** – Vingt tonnes de chlorure de calcium à l'état solide ont été déversées sur un sol constitué de sable grossier. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température s'élève à 20 °C. Il se met à pleuvoir alors que les opérations de nettoyage sont en cours. Calculer la profondeur atteinte par le polluant 20 minutes après qu'il ait commencé à pleuvoir.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg

Température = 20 °C

Rayon de la surface polluée = 8,6 m

Type de sol = sable grossier

Profondeur de la surface de saturation = 13 m

Temps écoulé depuis qu'il a commencé à pleuvoir = 20 mn

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.

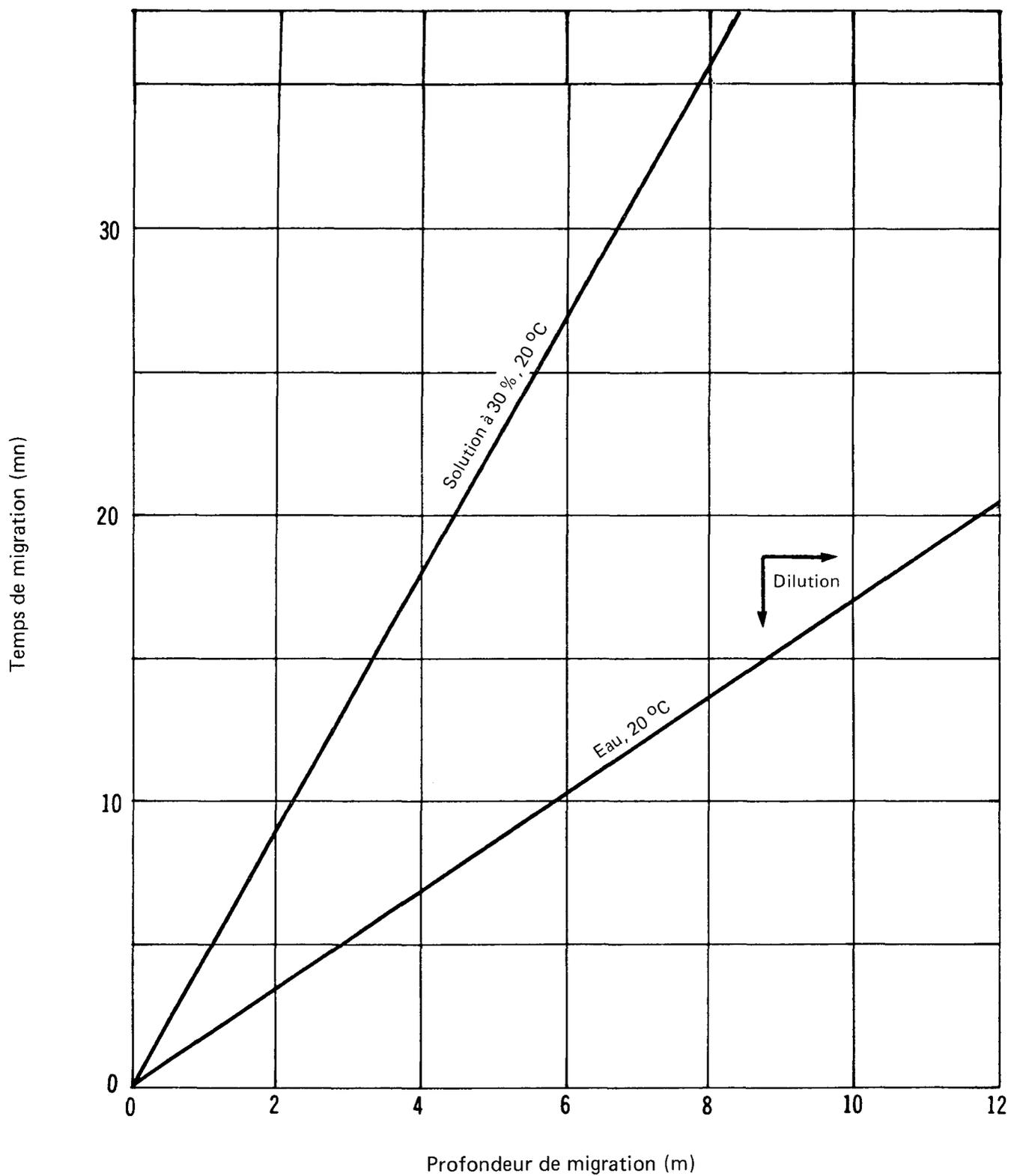
Surface =  $\pi r^2 = 232 m^2$

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 20 mn de pluie. Dans le cas du sable grossier, après 20 mn, la profondeur est de 4,4 m pour une solution à 30 p. 100, et de 11,9 m lorsque le produit avait été dilué (pire cas) (voir figure 19). La surface de saturation n'a pas été atteinte.

Figure 25

CHLORURE DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER



CHLORURE DE CALCIUM

MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

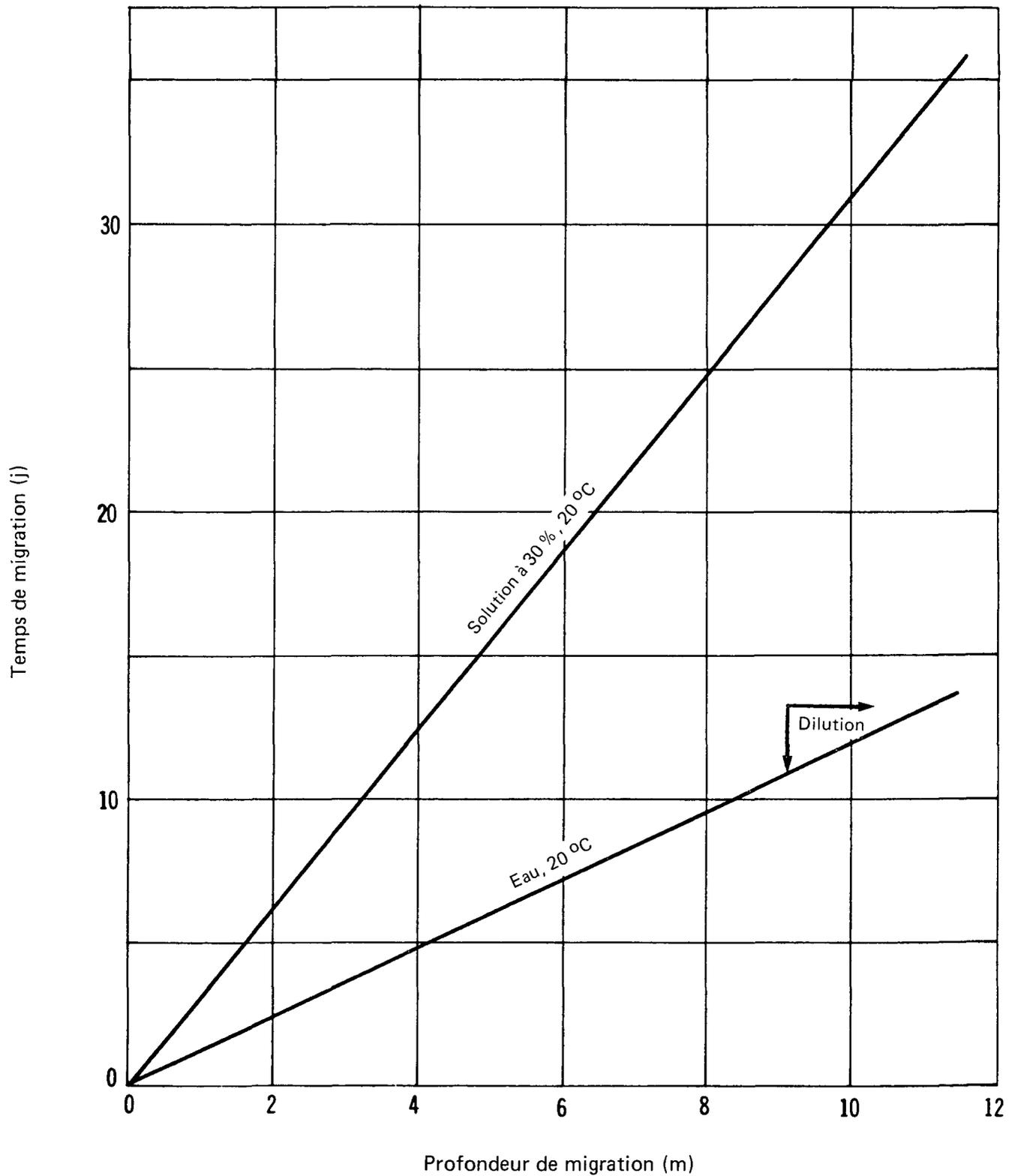
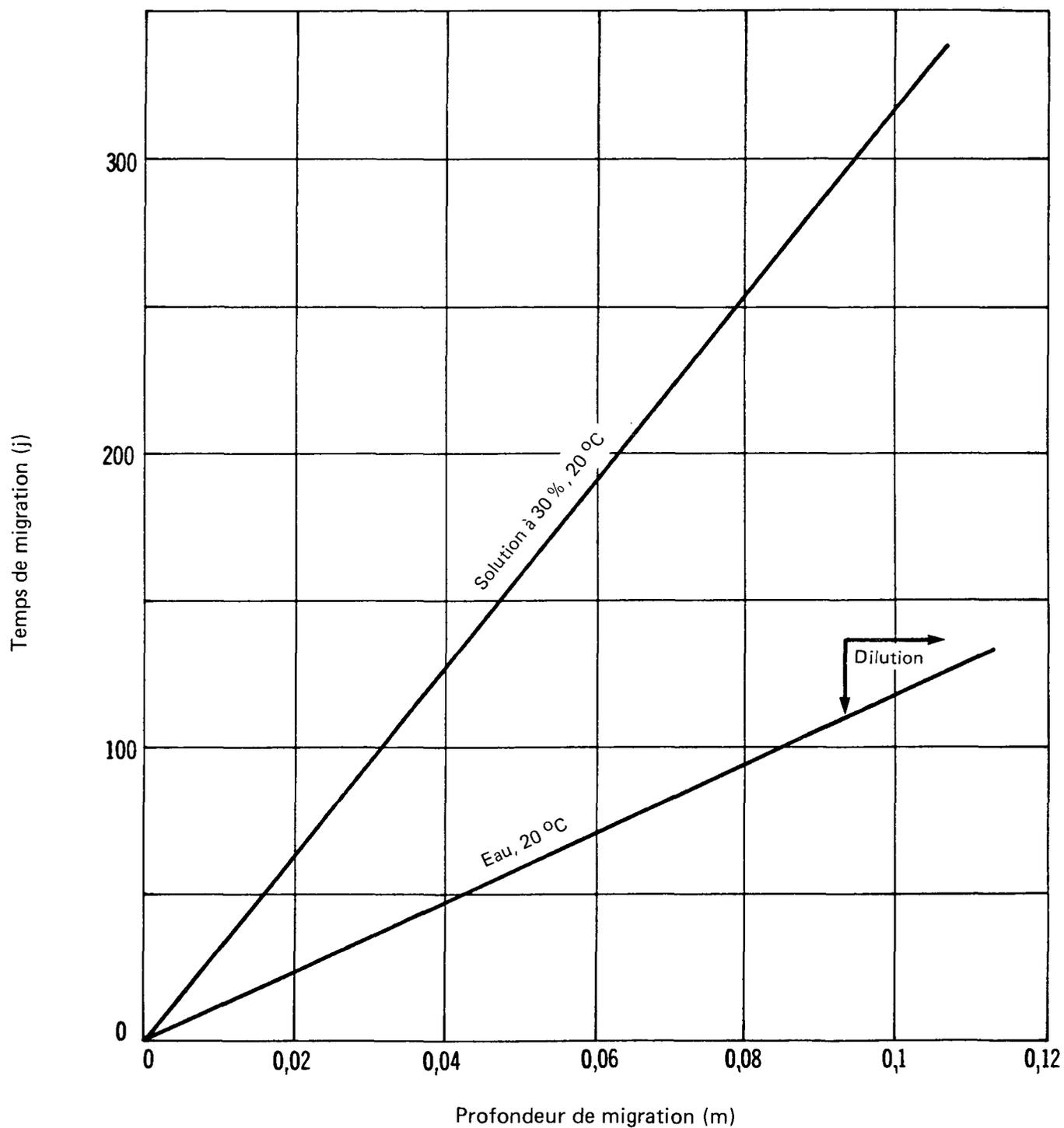


Figure 27

CHLORURE DE CALCIUM

MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



## 6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

### 6.1 Limites maximales admissibles

Les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlement, alors que dans d'autres cas elles correspondent seulement à des recommandations.

#### 6.1.1 Qualité de l'eau

Pour l'eau potable, il est recommandé de limiter la teneur à 500 mg/l pour éviter qu'elle n'ait un goût salé. On considère cependant qu'une teneur aussi faible que 50 mg/l serait déjà inacceptable (WQC, 1963).

Pour l'eau d'irrigation, la teneur en chlorure de calcium ne devrait pas dépasser 350 mg/l; en cas d'irrigation à long terme, il est préférable d'abaisser la teneur à 100 mg/l. Pour l'eau destinée au bétail, on a proposé de limiter la teneur à 1000 et 500 mg/l. Cette dernière valeur tient compte de la toxicité de l'ion chlorure (Todd, 1970).

#### 6.1.2 Qualité de l'air

Au Canada, il n'existe aucun règlement limitant la teneur de l'air en chlorure de calcium.

### 6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

**6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis.** – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au chlorure de calcium correspond à des teneurs supérieures à 1000 mg/l (RTECS, 1979).

#### 6.2.2 Toxicité en eau douce

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
<b>A. Pour les poissons</b>					
555	168	Crapet de roche	Teneur létale	Eau du robinet	WQC, 1963
2 775	48	Méné	"	Eau distillée	WQC, 1963
5 000	142	Méné	"		WQC, 1963
7 752	22	Poisson doré	"		WQC, 1963
8 400	24	Crapet arlequin	TLm	Synthétique	WQC, 1963
9 500	96	Crapet arlequin	TLm	Normale	WQC, 1963
10 650	96	Doré jaune	TLm		WQC, 1963
13 400	96	Gambusie	TLm	Trouble	WQC, 1963
12 060	non spécifiée	Brochet (alevins)	Immobilisé	Eau du lac Érié	WQC, 1963
22 080	"	Corégone (alevins)	Immobilisé	Eau du lac Érié	WQC, 1963
<b>B. Pour les vertébrés</b>					
660		Grenouilles	TL min. (sous-cutanée)		RTECS, 1979

## C. Pour les micro-organismes

900	64	Daphnia magna	Teneur limite	Eau du lac Érié	Anderson, 1948
3 130	120	Diatomée d'eau salée ( <i>Nitzschia linearis</i> )	TL 50	Milieu statique	WQCDB-5, 1973

## 6.2.3 Toxicité en eau salée

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
A. Tests sur des poissons					
2 400	48	Poisson de mer	TLm	Eau de mer	OHM-TADS, 1981

## 6.3 Toxicité pour d'autres espèces vivantes

## 6.3.1 Toxicité pour le bétail

Teneur (mg/l)	Animal	Résultat	Référence
10 000 à 15 000	Vache	Effets modérés sur le système nerveux et l'appétit	WQC, 1963
20 000 à 25 000	Mouton	Teneur tolérée pendant 6 semaines	WQC, 1963
15 000 à 20 000	Poulet	Ralentissement de la croissance	WQC, 1963

## 6.3.2 Toxicité pour les végétaux

La croissance des végétaux se trouve ralentie par des teneurs élevées de chlorure de calcium dans l'eau d'irrigation. Sur le plan de la toxicité chronique pour les végétaux, la teneur limite en ions chlorure est de 100 ppm (OHM-TADS, 1981).

Plusieurs études ont été conduites sur les méfaits du chlorure de calcium et du chlorure de sodium utilisés pour le déglacement des routes (NRCC, 1977). On a constaté que ces produits endommageaient la végétation en bordure des routes. Les dommages sont attribués principalement à l'absorption, par la plante, du sel ayant rejailli sur le feuillage. L'une des études concerne des érables à sucre exposés à l'épandage de NaCl et de CaCl<sub>2</sub> pendant six hivers. Ces produits étaient appliqués à raison de 112 t/ha, 15 fois par hiver. Une semaine séparait chaque application. Les feuilles de ces érables contenaient 3 à 6 fois plus d'ions chlorure que les feuilles d'un peuplement témoin. Les dégâts causés aux érables variaient mais leur ampleur était sans conteste reliée aux teneurs en ions chlorure trouvées dans le feuillage. Entre 0,5 et 6 mg/g, en poids sec, les dommages étaient minimes. Les arbres dont le feuillage contenait entre 4 et 10 mg d'ions chlorure par gramme avaient subi de légers dégâts mais au-delà de 10 mg/g, les arbres étaient

sérieusement endommagés (NRCC, 1977). Les conifères semblent plus sensibles aux épandages de sel que les arbres feuillus et autres végétaux. Bien que leur croissance soit arrêtée pendant l'hiver, saison où le chlorure de calcium est épandu sur les routes, la photosynthèse se poursuit et le rejaillissement de sel sur les aiguilles est nocif pour les arbres (NRCC, 1977). Les graminées sont moins sensibles au sel épandu au cours de l'hiver que les conifères, probablement parce qu'elles sont à l'état dormant. Une série de tests a démontré que le fétuque du Kentucky 31 était la graminée la plus résistante au NaCl et pouvait en tolérer jusqu'à 5 grammes par kilo de sol (NRCC, 1977). Plusieurs études signalent des dommages au feuillage des arbres là où l'on procédait à l'épandage de sel (NaCl et CaCl<sub>2</sub>), et relient aussi la sévérité des dégâts aux teneurs en ions chlorure dans les feuilles et les ramilles. Certaines études indiquent que les dommages observés étaient plus graves en contrebas des routes, signe que les rejaillissements de sel sur le feuillage risquent davantage d'endommager les arbres que le sel absorbé par les racines (NRCC, 1977).

Un indice de réaction au sel des variétés cultivées (valable également pour le CaCl<sub>2</sub>) et communément accepté a été établi (NRCC, 1977):

Teneur du sol en sel (g/l de sol)	Effet sur la production
0 - 1,3	Négligeable
1,3 - 2,6	Affecte le rendement des variétés sensibles
2,6 - 5,1	Diminue le rendement de plusieurs variétés
5,1 - 10,2	Seules les variétés résistantes donnent un bon rendement
Plus de 10,2	Seules quelques variétés très résistantes donnent un bon rendement

#### 6.4 Études sur les effets toxiques

Une DL 50 (voie orale) de 1000 à 5000 mg/kg représente la toxicité aiguë du chlorure de calcium pour les mammifères.

#### 6.5 Dégradation

Le chlorure de calcium n'est pas biodégradable. La teneur de l'eau en calcium dépend de la teneur en carbonate et du pH (OHM-TADS, 1981).

#### 6.6 Devenir et effets à long-terme

Le chlorure de calcium ne présente aucun risque de bio-accumulation ou de contamination des éléments de la chaîne alimentaire.

## 7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Dans des conditions normales, le chlorure de calcium n'est pas volatil si bien que les risques que le produit soit inhalé sont très faibles. La documentation consultée ne contient d'ailleurs aucune donnée sur les effets toxiques liés à l'inhalation de chlorure de calcium par l'homme ou des animaux. Les travaux publiés rapportent que les poussières de calcium irritent les yeux et la gorge, alors que les solutions peuvent causer des brûlures en cas de contact cutané ou endommager les conjonctives advenant la projection du produit dans les yeux. Un contact prolongé peut provoquer de graves brûlures, en particulier si les tissus ont déjà été abîmés.

Aucune des publications consultées ne traite des effets mutagènes, cancérogènes ou tératogènes du chlorure de calcium chez l'homme, les animaux ou les autres organismes.

Le chlorure de calcium est mentionné dans l'inventaire dressé par l'agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques.

Les données publiées dans le présent chapitre rendent compte de l'information disponible lors de la préparation de cette plaquette.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversement.

### 7.1 Normes d'exposition recommandées

Aucune norme d'exposition n'a été trouvée pour le chlorure de calcium dans la documentation consultée.

### 7.2 Données sur les propriétés irritantes

#### 7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
—	Légère irritation de la peau lors de contact avec le produit à l'état solide; les solutions très concentrées peuvent causer une forte irritation, voire une brûlure superficielle	CHRIS, 1978
—	En solution ou à l'état solide, brûlera la peau	CHRIS, 1978

### 7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ L'HOMME		
—	Les poussières irritent les yeux et peuvent entraîner une lésion passagère de la cornée	CHRIS, 1978
—	En solution ou à l'état solide, brûlera les yeux	CHRIS, 1978

## 7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur. – Le produit est inodore (CHRIS, 1978)

7.3.2 Goût

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Détection	eau	0,01 mol/l	ASTM, 1980
Détection	eau	0,0076 mol/l	ASTM, 1980

## 7.4 Études à long terme

7.4.1 Inhalation. – Aucune donnée

7.4.2 Ingestion

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ L'HOMME		
Aucune donnée		
● CHEZ LE RAT		
1000 mg/kg	DL50	RTECS, 1979
● CHEZ LE LAPIN		
1384 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

7.4.3 Par voie sous-cutanée

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ LE CHIEN		
274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

● CHEZ LE CHAT 249 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LE LAPIN 472 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LA GRENOUILLE 666 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979

#### 7.4.4 Par voie intraveineuse

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ LE CHIEN 274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LE CHAT 249 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LE LAPIN 274 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LE RAT 161 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LA SOURIS 42 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

#### 7.4.5 Par voie intrapéritonéale

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ LE CHIEN 110 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LE RAT 500 mg/kg	DL min.	RTECS, 1979
● CHEZ LA SOURIS 280 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

#### 7.4.6 Par voie intramusculaire

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
● CHEZ LE RAT 25 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

### 7.4.7 Voie d'exposition non spécifiée

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
<p>● CHEZ L'HOMME</p> <p>7 mg de chlorure de calcium par kilo et 20 mg de gluconate de calcium par kilo</p>	<p>Administrés à des patients avec fraction ionisée du calcium sérique inférieure à la normale ou dans les limites inférieures de la normale, hypotension et autres anomalies.</p> <p>Le traitement a augmenté la fraction ionisée du calcium sérique, fait baisser les taux de potassium sérique et a provoqué de graves arythmies cardiaques</p>	<p>TOXLINE (en ligne), 1981</p>

## 7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle ou particulière sont référencés.

### 7.5.1 Inhalation

1. Irritation du nez et de la gorge
2. Saignements de nez (TDB-en ligne, 1981)

### 7.5.2 Ingestion

1. Irritation de la bouche et de l'estomac
2. Nausées et vomissements

### 7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Brûlures (solutions concentrées)
3. Légère irritation en cas de contact du produit à l'état solide avec une peau sèche

### 7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation et larmolement
2. Possibilité de lésions passagères de la cornée, particulièrement avec les poussières de chlorure de calcium



## 9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

### 9.1 Mesures recommandées

Les mesures décrites dans la présente section, qui semblent s'appliquer à la plupart des situations, sont reprises d'ouvrages déjà publiés. Pour éviter d'en fausser le sens, la formulation originale a été conservée, malgré certaines contradictions entre les différentes sources. En fait, les mesures d'intervention peuvent paraître contradictoires mais en réalité ne le sont pas face à une situation donnée. Les mesures décrites ne doivent pas être considérées comme recommandées par Environnement Canada.

**9.1.1 Risques d'incendie.** – Le chlorure de calcium est ininflammable (Hooker MSDS, 1972). Les formes anhydre, monohydratée, dihydratée et tétrahydratée produisent une forte réaction exothermique lorsque dissoutes dans l'eau (Allied TEB, 1958).

**9.1.2 Moyens d'extinction.** – Le chlorure de calcium est incombustible. On peut par conséquent utiliser la plupart des agents d'extinction (Dow ERIS, 1979).

#### 9.1.3 Mesures d'intervention, de nettoyage et de traitement en cas de déversement

**9.1.3.1 Information générale.** – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun risque. Éviter que le produit soit en contact avec la peau et éviter d'inhaler (Dow ERIS, 1979).

**9.1.3.2 Déversement sur le sol.** – Si le produit est à l'état solide, le ramasser à la pelle en soulevant le moins possible de poussières et le placer dans des récipients en vue de sa récupération ou de son élimination. Le chlorure de calcium forme une surface très glissante, surtout s'il est légèrement mouillé, et doit être enlevé avec précaution (CCPA, 1982).

Si le produit est à l'état liquide, le confiner au moyen de barrières mécaniques ou chimiques ou à l'aide des unes et des autres, pour éviter qu'il ne s'étale (EPA-670/2-75-042).

**9.1.3.3 Déversement dans l'eau.** – Confiner si possible le produit. Si la quantité d'eau à traiter n'est pas trop importante, on peut utiliser de la soude (légèrement en excès) et neutraliser l'eau clarifiée (par décantation) avec de l'acide chlorhydrique 6 M. L'eau polluée peut également être traitée par osmose inverse et échange d'ions (OHM-TADS, 1981).

**9.1.4 Nettoyage et traitement.** – Le chlorure de calcium ne doit *jamais* être jeté dans des égouts ou des eaux de surface. Le produit recueilli sera traité sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets, et la boue obtenue sera mise en décharge.

**9.1.5 Appareils et vêtements de protection.** – Pour entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut porter un appareil respiratoire autonome et être vêtu d'une combinaison contre les agents chimiques; *entièrement étanche*.

Si le produit déversé est du chlorure de calcium il faut:

- porter des lunettes de sécurité ou des visières, des vêtements imperméables et un équipement anti-buées (Hooker MSDS, 1972).

- porter des bottes en caoutchouc ou des chaussures de sécurité en cuir, bien graissées (Allied TEB, 1958)
- porter des gants. Des gants ordinaires ou à manchettes, en toile, conviennent en général pour la manipulation du chlorure de calcium en paillettes mais il est préférable de porter des gants en caoutchouc ou en toile caoutchoutée ou enduite de latex, si le produit est à l'état liquide (Allied TEB, 1958). Les gants en néoprène ou en vinyle conviennent également (Hooker MSDS, 1972).
- porter un imperméable de caoutchouc ou en toile caoutchoutée si les vêtements risquent d'être éclaboussés par du chlorure de calcium en solution.

## 10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur ont été retenus. En conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements. L'information que nous donnons a pour but d'aider le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises.

En ce qui concerne le chlorure de calcium la documentation consultée ne faisait état d'aucun cas de déversement accidentel en territoire canadien.

## 11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

### 11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

**11.1.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique** (NIOSH, 1977). On peut doser le chlorure de calcium présent dans l'air au moyen de la méthode recommandée par le NIOSH pour l'oxyde de calcium. Cette méthode convient pour des teneurs comprises entre 2,6 et 10,16 mg/m<sup>3</sup> (0,57 à 2,24 ppm).

Un volume connu d'air est aspiré dans un porte-filtres à trois éléments pour membranes filtrantes en ester cellulosique, d'un diamètre de 37 mm, avec pores de 0,8 µm. On recommande de prélever un échantillon de 85 l d'air à raison de 1,5 l/mn.

Transférer l'échantillon dans un bécher; traiter avec 5 ml d'acide nitrique concentré, couvrir avec un verre de montre et chauffer sur plaque chauffante (140 °C) jusqu'à ce que l'acide soit presque tout évaporé. *Exécuter cette étape sous la hotte.* Ajouter 2 ml d'acide nitrique concentré et 1 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100, puis couvrir d'un verre de montre. Chauffer jusqu'à apparition de vapeurs denses d'acide perchlorique. Rincer les parois du bécher avec de l'eau distillée et évaporer la solution jusqu'à obtention d'un résidu sec. Laisser refroidir, puis dissoudre le résidu dans 5 ml d'acide chlorhydrique dilué (5,0 p. 100 v/v) contenant 1 p. 100 de lanthane. Transférer intégralement la solution dans une fiole jaugée de 100 ml. Rincer à deux reprises le bécher en transférant chaque fois 5 ml du liquide de rinçage dans la fiole. Porter le volume à 100 ml avec de l'acide chlorhydrique dilué contenant 1 p. 100 de lanthane. Pulvériser l'échantillon dans une flamme air-acétylène oxydante. Mesurer l'absorbance à 422,7 nm au spectrophotomètre d'absorption atomique. Déterminer la teneur en chlorure de calcium au moyen d'une courbe d'étalonnage.

### 11.2 Dosage du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse quantitative)

**11.2.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique** (ASTM, 1979). — On peut détecter par cette méthode le calcium présent dans l'eau à des teneurs variant entre 0,3 et 15 mg/l.

Recueillir au moins 2 l d'eau dans un contenant approprié. Filtrer l'échantillon s'il contient des particules avant son aspiration dans le spectrophotomètre d'absorption atomique. Mélanger 100 ml de l'échantillon avec 25 ml d'une solution de lanthane à 5 p. 100 avant de faire l'analyse. Pulvériser ce mélange dans une flamme air-acétylène. Mesurer l'absorbance à 422,7 nm au moyen d'un spectrophotomètre d'absorption atomique. Déterminer la teneur en calcium au moyen d'une courbe d'étalonnage.

### 11.3 Identification du chlorure de calcium présent dans l'eau (analyse qualitative)

Prélever un échantillon selon la méthode décrite à la section 11.2.1. Plonger un filament de platine propre dans l'échantillon, puis placer le filament dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse de bec bunsen. L'apparition d'une flamme rouge brique indique la présence de calcium. Ce test n'est pas spécifique au chlorure de calcium (Welcher, 1955).

### 11.4 Dosage de l'oxyde de calcium présent dans le sol (analyse quantitative)

**11.4.1 Méthode colorimétrique (Hesse, 1972).** — Cette méthode permet au moyen d'un échantillon de sol de 1 g de déterminer la présence de calcium jusqu'à 25  $\mu\text{g}$  au maximum.

Placer dans un bécher de 250 ml, un échantillon de sol de 0,15 mm, pesant 1 g, séché au four et ajouter 20 ml d'acide nitrique concentré. Couvrir le bécher et faire chauffer graduellement pour oxyder la matière organique. Ajouter 10 ml d'acide perchlorique à 60 p. 100 et laisser digérer jusqu'à apparition de vapeurs denses d'acide perchlorique. *Exécuter cette opération sous la hotte.* Laver les parois du bécher avec de l'acide perchlorique à 60 p. 100 si nécessaire. Laisser ensuite évaporer le mélange jusqu'à disparition complète de l'excès d'acide perchlorique.

Prélever une quantité aliquote appropriée de l'extrait de sol et transférer dans un tube à essai. Diluer avec de l'eau jusqu'à obtention d'un volume de 10 ml. Ajouter 10 ml de méthanol absolu et 1 ml de solution tampon. La solution tampon est préparée par solubilisation de 0,20 g de diéthyl-dithiocarbamate de sodium dans 100 ml de solution-mère tampon. Pour préparer cette dernière, dissoudre 5,28 g de tétraborate de sodium dans 800 ml d'eau et ajouter 10 g d'hydroxyde de sodium. Laisser refroidir le mélange, puis porter à 1 litre avec de l'eau; conserver dans une bouteille de polyéthylène. Ajuster le pH de la solution tampon à 12 si nécessaire. Ajouter à l'échantillon 0,5 ml de la solution de réactif préparée par solubilisation de 0,150 g de glyoxal bis (2-hydroxyanile) dans 30 ml de méthanol absolu. Laisser la couleur se développer pendant 25 mn et mesurer l'absorbance à 535 nm à l'aide d'un spectrophotomètre approprié. Déterminer la teneur en calcium d'après une courbe d'étalonnage.

### 11.5 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

Procéder comme en 11.4.1 pour le prélèvement et la digestion acide de l'échantillon. Un filament de platine propre est plongé dans l'échantillon et on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique 6 M. Le filament est placé dans la partie la plus chaude d'une flamme non lumineuse d'un bec Bunsen. La flamme deviendra rouge brique si l'échantillon contient du calcium. Ce test n'est pas spécifique pour le chlorure de calcium (Welcher, 1955).

## 12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE (reproduction intégrale de l'édition anglaise)

### 12.1 Références

AAR 1983: Association of American Railroads, Washington, D.C., Private Communication (1983).

Allied TESB 1958: Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Anderson 1948: Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to *Daphnia Magna* for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CC 1958: Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Clarke 1975: Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975)

CLC 1974: The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Association of American Railroads, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow 1974: Calcium Chloride Handbook, Dow Chemical USA, Midland, Michigan. (1974).

Dow ERIS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow PS 1980: Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

EPA 530/SW-104c: Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker MSDS 1972: Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Hooker PDS 1980: Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

JANAF 1971: Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Kirk-Othmer 1978: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NRCC 1977: The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxline (on-line) 1981: Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQCDB-2 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

WQCDB-5 1973: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

## 12.2 Bibliographie

Allied Chemical Inc., Industrial Chemicals Division, Technical and Engineering Service Bulletin No. 16, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

Allied Chemical, Calcium Chloride, Morristown, New Jersey. (1958).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

Anderson, B.G., "The Apparent Thresholds of Toxicity to *Daphnia Magna* for Chloride of Various Metals when Added to Lake Erie", Transactions of the American Fish Society, Vol. 78, pp. 96-113. (1948).

Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, published by Simmons-Boardman, Omaha, Nebraska. (1974).

Association of American Railroads, Private Communication, Washington, D.C. (1983).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 53. (1975).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply & Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Calcium Chloride", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (February, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet - Calcium Chloride Flake, Sarnia, Ontario. (1979).

Dow Chemical Company, Calcium Chloride Handbook, Midland, Michigan. (1974).

Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, p. 242. (1971).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 5, pp. A-58-59. (September, 1973).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 4, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 377-378, 123-124. (1972).

Hooker Chemicals & Plastics Corp., Product Data Sheet - Industrial Grade Calcium Chloride Solution, Niagara Falls, New York. (1980).

Hooker Industrial Chemicals Division, Material Safety Data Sheet - 35.5% Aqueous Calcium Chloride Solution, Hooker Chemicals & Plastics Corp., Niagara Falls, New York. (1972).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 205., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Research Council of Canada, The Effects of Alkali Halides in the Canadian Environment, Ottawa, Ontario, NRCC No. 15019. (1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pillie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Shaver, R.G., Parker, L.C. et al., Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices: Inorganic Chemicals Industry, Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington, D.C., EPA 530/SW-104c. (1975).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

Ullmann, Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim, (1975).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p. 432. (1955).