

2 5 4 . 2

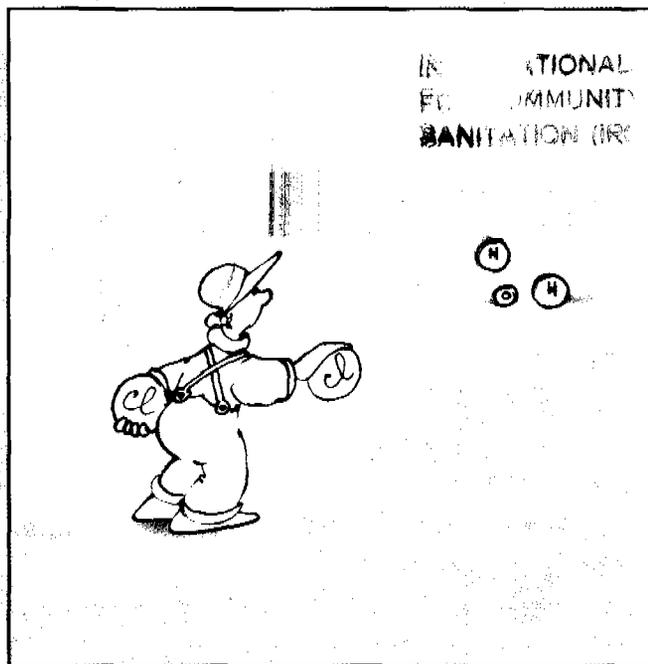
8 9 C H

10 .

LES
CAHIERS
TECHNIQUES



fondation
de l'eau



LA CHLORATION DES EAUX

PRINCIPE, EXPLOITATION ET
MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT 254.2 - 89CH - 5972

CAHIERS TECHNIQUES DE LA DIRECTION DE L'EAU ET DE LA PREVENTION DES POLLUTIONS ET DES RISQUES

Ce cahier technique a été réalisé
avec le concours de la Société



CNIR

**DIVISION
TRAITEMENT
DES EAUX**

Achévé d'imprimer le 31 mars 1989
Imprimerie Centre Impression - Limoges
Dépôt légal : mars 1989

© Fondation de l'Eau 1989
Droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays

Prix : 75 FF/TTC
Franco de port France métropolitaine

PREFACE

L'Organisation Mondiale de la Santé accorde une importance primordiale à l'innocuité microbiologique des approvisionnements en eau de boisson. Plus de la moitié de la population du monde reste exposée à des eaux qui ne sont pas exemptes d'organismes pathogènes, causant des maladies infectieuses qui, en définitive, contribuent à augmenter les taux de mortalité de la population. Les personnes courant le plus de risques face aux maladies à transmission hydrique sont les nourrissons et les jeunes enfants, qui n'ont pas encore acquis d'immunité naturelle, les personnes affaiblies et les personnes âgées. Pour celles-ci, les doses infectantes sont souvent beaucoup plus faibles que pour la majeure partie de la population adulte.

Pour assurer l'absence de bactéries et de virus pathogènes, l'OMS recommande que les organismes indicateurs de coliformes fécaux soient absents de tous les types d'approvisionnement en eau, canalisée ou non, traitée ou non, ou embouteillée. En ce qui concerne les nombres totaux de coliformes, une certaine marge est autorisée, allant de l'absence de coliformes totaux dans les eaux traitées entrant dans le système de distribution sous canalisations, à un maximum occasionnel dans les approvisionnements non canalisés.

La première mesure à prendre en vue de s'assurer de la salubrité de l'eau consiste à protéger la source de toute contamination. Quand cela n'est pas possible ou ne peut donner de résultat fiable de façon continue, la prochaine étape de la prévention de la transmission des organismes pathogènes est la désinfection. Les bactéries et les virus sont efficacement éliminés par ce procédé. Le chlore a toujours été, et reste, le désinfectant le plus utilisé dans la plupart des pays, et notamment dans les pays en développement.

La prédominance du chlore dans l'arsenal de la désinfection provient essentiellement du fait qu'il est facilement disponible, bon marché, aisé à manipuler et à mesurer. Tous ces avantages ont une importance décisive pour les pays en développement, dont les ressources financières et en personnel sont en général limitées.

Il est donc d'une importance primordiale que l'utilisation de désinfectants à base de chlore se fasse selon les règles pour garantir l'efficacité bactéricide de ces produits et leur utilisation au moindre coût.

Une forte turbidité peut protéger les micro-organismes contre les effets de la désinfection et stimuler la croissance des bactéries. Dans tous les cas où l'eau est soumise à désinfection, la turbidité doit donc être faible pour que cette désinfection soit efficace. En vue d'obtenir un niveau faible de turbidité, on retiendra qu'il est nécessaire de procéder à une filtration avant l'utilisation du désinfectant.

L'acceptation du changement de goût qui résulte de la présence obligatoire de résidu de chlore dans l'eau distribuée peut poser certains problèmes dans les endroits dont les habitants n'ont pas été habitués au goût du chlore. Il ne faut cependant pas risquer de compromettre la sécurité microbiologique de l'eau en abaissant la teneur en chlore pour des questions de goût.

Ce cahier technique de la Fondation de l'Eau est destiné à permettre aux exploitants de mieux maîtriser l'utilisation et l'entretien des postes de chloration.

L'Organisation Mondiale de la Santé se félicite de cette publication et encourage tous les futurs lecteurs à mettre en application ses recommandations.



Dr R. HELMER,
Prévention de la pollution de l'Environnement,
Division de l'Hygiène du Milieu.

NSN 5972
2542 89CH

WORLD HEALTH ORGANIZATION



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

Sommaire

Des pages jaunes pour mieux utiliser ce guide

Des pages roses pour tester vos connaissances

Des pages bleues pour les informations théoriques

Des pages vertes pour vous aider à résoudre des problèmes concrets et quotidiens

<input type="checkbox"/>	1 POUR QUI, POUR QUOI?	Page 3
	A qui et à quoi peut servir ce guide et la façon de l'utiliser efficacement.	
■	2 JEU-TEST	4
	Pour sonder vos connaissances sur la chloration. A faire avant et/ou après la lecture du guide.	
■	3 LE SAVEZ-VOUS ?	6
■	4 LES DOSES DE CHLORE A APPLIQUER	16
■	5 LES DIFFERENTS PRODUITS CHLORES	18
■	6 MISE EN ŒUVRE DES HYPOCHLORITES	19
■	7 MISE EN ŒUVRE DU CHLORE GAZEUX	22
	— Conteneurs	22
	— Distribution du chlore	24
	— Sécurité d'utilisation	30
■	8 ANALYSES DU CHLORE	32
	--- Méthode iodométrique	32
	— Méthodes colorimétriques	34
	--- Méthode ampérométrique	35
■	9 DECHLORATION	36
■	10 JO : CIRCULAIRE DU 24 JUILLET 1972	37
■	11 JEU-TEST	38
<input type="checkbox"/>	12 LEXIQUE	39
<input type="checkbox"/>	13 INDEX	39



POUR QUI POUR QUOI?

POUR QUI? POUR QUOI?

Ce cahier technique s'adresse aux gestionnaires des réseaux d'alimentation en eau potable et à tous ceux qui souhaitent connaître et maîtriser l'utilisation du chlore dans le domaine de l'eau.

Vouloir distribuer en permanence une eau de bonne qualité implique parfois la mise en œuvre d'un traitement correcteur. Le chlore est l'un des outils les plus performants du traicteur d'eau dans bon nombre de cas; son utilisation à mauvais escient ou mal maîtrisée peut cependant provoquer des phénomènes de rejet souvent injustifiés de la part des consommateurs.

Il importe alors que les prescripteurs et les techniciens chargés de l'exploitation des installations de chloration connaissent parfaitement les avantages, contraintes et limites de ce traitement.

COMMENT ?

Ce cahier technique peut s'utiliser de plusieurs façons : pour une première lecture, nous vous conseillons de feuilleter l'ensemble afin de bien comprendre la structure, la couleur des pages (voir sommaire) vous indiquant le type d'informations fournies, puis de reprendre au début.

En suivant l'ordre proposé, vous aurez ainsi une bonne compréhension :

- de l'apport de chloration en tant qu'étape du traitement de l'eau,
- de la préparation et de la mise en œuvre du chlore.

Si vous cherchez une information précise, le lexique et/ou l'index peuvent vous permettre de la trouver rapidement.

Avec tous nos encouragements,
BON TRAVAIL.



CACHER LA PARTIE "REPONSES AU TEST".

PRENDRE UN CRAYON A PAPIER.
LIRE ATTENTIVEMENT LES QUESTIONS.

COCHER LA OU LES CASES DES REPONSES PROPOSEES
QUI VOUS SEMBLERENT JUSTES
(pour une même question, une ou plusieurs réponses sont possibles)

CONSULTER LES REPONSES.

1

Le goût de chlore est sensible à partir de :

- a - 0,5 mg/l
- b - 1 mg/l
- c - 1,5 mg/l

2

Le point critique correspond à :

- a - l'apparition de chlore libre
- b - la teneur maximale en chlore combiné
- c - la dose maximale de chlore à injecter

3

L'eau de Javel est :

- a - de l'hypochlorite de sodium
- b - de l'hypochlorite de calcium

4

Préciser l'ordre des coûts d'exploitation :

- a - chlore gazeux
- b - hypochlorite de calcium
- c - hypochlorite de sodium

5

La teneur en chlore de l'eau de Javel ne dépasse pas :

- a - 15 %
- b - 30 %
- c - 45 %

6

La perte de chlore de l'eau de Javel est de l'ordre de :

- a - 2 à 4 % par jour
- b - 2 à 4 % par mois
- c - 2 à 4 % par an

7

Les principaux problèmes rencontrés lors du dosage de l'eau de Javel sont :

- a - corrosion
- b - entartrage
- c - viscosité

8

Le poids à vide d'un tube à chlore de 50 kg est :

- a - 18 kg
- b - 26 kg
- c - 35 kg

9

La pression qui règne dans un tube à chlore plein à 20°C est :

- a - 1 bar
- b - 6 bar
- c - 12 bar

10

L'hydro-éjecteur sert à :

- a - donner de la pression
- b - créer une dépression
- c - mesurer le chlore distribué

11

A quoi sert la solution d'ammoniaque qui doit être présente en cas de stockage de chlore gazeux ?

- a - mesurer le point critique
- b - entretenir les installations
- c - détecter les fuites

12

Quel débit de chlore peut-on soutirer d'un tube de 50 kg à 20 °C ?

- a - 500 g/h
- b - 1500 g/h
- c - 3000 g/h

13

Une fuite ponctuelle de chlore liquide aura un débit de :

- a - 5 kg/mn
- b - 45 kg/mn
- c - 85 kg/mn

14

Le chlore est :

- a - plus lourd que l'air
- b - moins lourd que l'air

15

Quel degré de protection incendie doit présenter un local à chlore ?

- a - matériaux coupe-feu de degré 2 heures
- b - ouverture sur l'extérieur

16

L'acier ordinaire résiste au :

- a - chlore sec gazeux
- b - chlore sec liquide
- c - chlore humide gazeux

17

Le PVC résiste au :

- a - chlore sec gazeux
- b - chlore sec liquide
- c - chlore humide gazeux

18

Un dosage iodométrique d'eau de Javel donne un volume de 14 ml; cela correspond à :

- a - 14 g/l de chlore
- b - 140 g/l de chlore
- c - 1 400 g/l de chlore

19

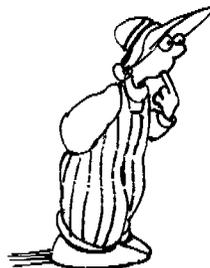
Quelles méthodes colorimétriques permettent de doser séparément chlore libre et chlore combiné ?

- a - orthotolidine
- b - syringaldazine
- c - DPD

20

La réduction du chlore par le SO₂ nécessite :

- a - 1 mg/l de SO₂ par mg/l de chlore
- b - 2 mg/l de SO₂ par mg/l de chlore
- c - 3 mg/l de SO₂ par mg/l de chlore



Réponses au test

36	a	20
34	c	19
32	b	18
31	a-c	17
31	a-b	16
37	a-b	15
31	a	14
30	c	13
28	a	12
26	c	11
24	b	10
22	b	9
22	b	8
19	a-b	7
18	b	6
18	a	5
18	a-c-b	4
18	a	3
11	a	2
16	a	1
VOIR PAGE	REPONSES	QUESTIONS

3 LE SAVEZ-VOUS?



LE CHLORE
 o
 semble-t-il,
 une
 mauvaise
 idée

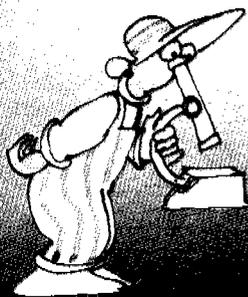


D'où
 2 QUESTIONS
 béatiennes:

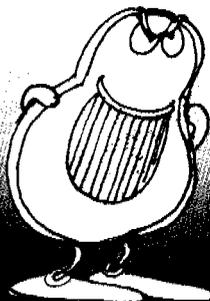
1. Pourquoi?



2. Le MAUVAIS
 GÔUT
 qu'on lui
 attribue
 est-il



L'EAU
 contient
 des
 bactéries



... pouvant
 provoquer
 chez un
 individu
 des
 petites choses
 graves



... diarrhées, dysenteries,
 fièvres entériques,
 • maladies virales
 (polyomyélite et
 hépatite A)
 • infections



Le Code de la Santé Publique s'est donc

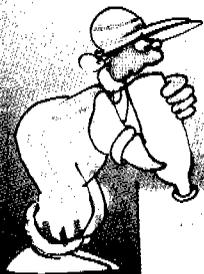


LE GENOCIDE TOTAL...



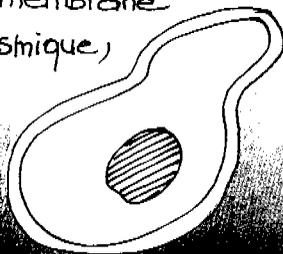
... de ces charmantes petites bêtes.

Aïe



Si vous mettez du CHLORE dans l'eau, il pénètre à l'intérieur des bactéries...

... en diffusant au travers de la membrane cytoplasmique, et



Ce qui a pour effet de détruire l'organisme en question.



Les VIRUS étant plus résistants, les conditions de traitement sont réglées en fonction de la destruction des VIRUS.



A NOTER que le traitement est réglé par: la dose et le temps

Pour un TRAITEMENT donné:



• Si vous augmentez la dose, il faut moins de temps de contact



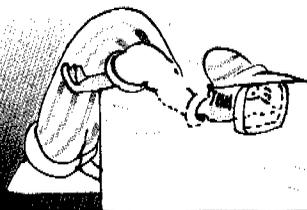
• Si vous diminuez la dose, il faut





Le CHLORE
peut se
combiner

de
plusieurs
façons



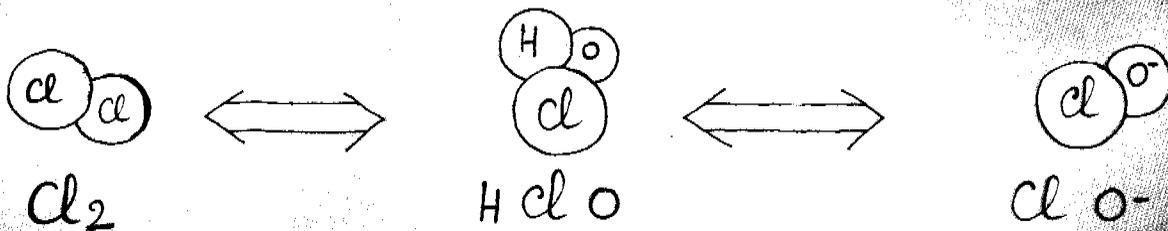
Ainsi,
dans l'eau...

s'établit un équilibre
entre



3

variétés



LE CHLORE MOLECULAIRE
dissous

L'ACIDE HYPOCHLOREUX

L'ION HYPOCHLORITE



le CHLORE LIBRE

REMARQUES



La proportion
des 3
espèces
dépend
de
la température
et surtout
du pH

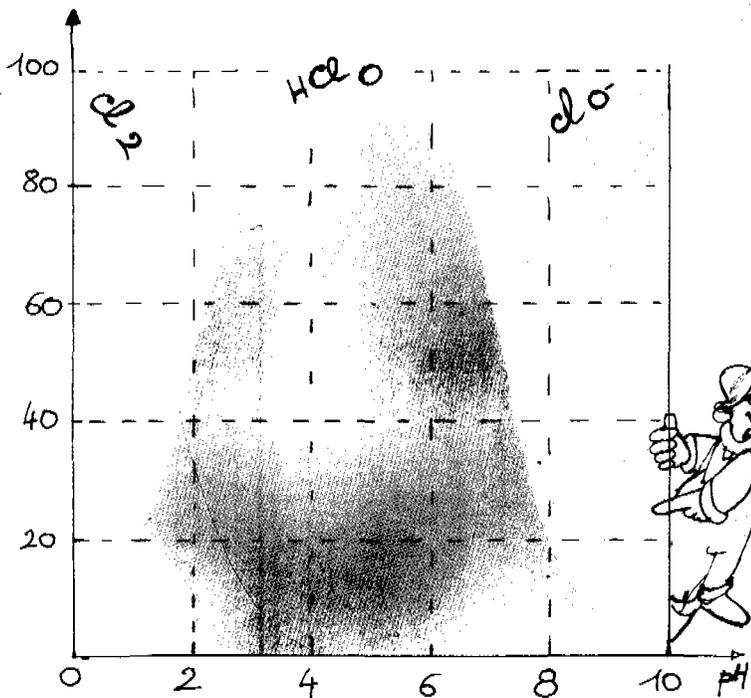


L'Acide hypochloreux
est
100 fois plus désinfectant
que l'ion hypochlorite



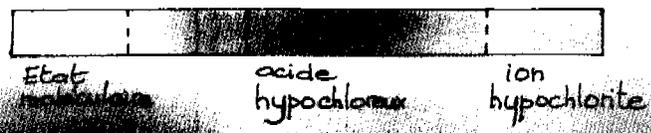
Alors,
d'après vous,
lequel va-t-on
essayer
d'utiliser
de
préférence

Si l'on observe le Tableau des concentrations relatives des diverses formes de Chlore (en % →) en suivant le pH



Le plus désinfectant étant l'acide hypochloreux, on voit l'intérêt de maintenir le pH entre 4 et 6.

Quand ce n'est pas possible, il faut augmenter la dose et/ou le temps de contact.



Dès que vous mettez du chlore dans l'eau, il réagit avec les composés présents:



Présent

- Les COMPOSÉS REDUCTEURS
- Les COMPOSÉS AZOTES. (et en particulier l'ammoniaque)

LES COMPOSÉS REDUCTEURS
(Ex: fer ferreux, sulfures, nitrites...etc)

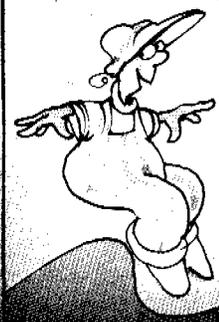
Ils réagissent avec le chlore

L'AZOTE AMMONIACAL



Alors là, c'est subtil!

Vous connaissez le processus du POINT CRITIQUE? (Break-point?)



2 TEMPS



1er TEMPS.



Le CHLORE se combine à l'azote ammoniacal pour former des

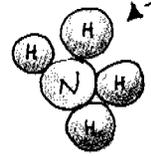
CHLORAMINES:

MONO, DI ou TRI

Les chloramines ont un effet désinfectant réel, mais moins que le chlore libre:

(5 fois moins que l'ion hypochlorite et 500 fois moins que l'acide hypochloreux)

6,5 < pH < 9,5



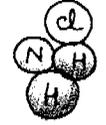
NH_4^+



$HClO$
(ou OCl^-)

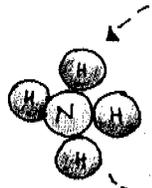


MONOChloramine



$NH_2Cl + \dots$

pH ≥ 6



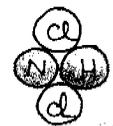
NH_4^+



$+ 2 HClO$

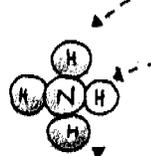


Dichloramine



$NH_2Cl + \dots$

pH acide



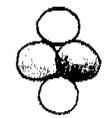
NH_4^+



$+ 3 HClO$



TRIChloramine



$NH_2Cl + \dots$

2^{ème} TEMPS



Un ajout de chlore provoque l'**ELIMINATION** des chloramines...

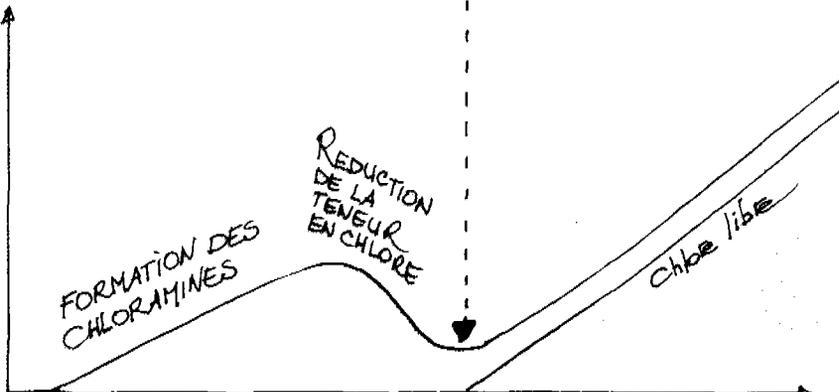
... jusqu'à une teneur en chlore théoriquement nulle mais qui en fait ne s'ANNULE JAMAIS :
C'est le **POINT CRITIQUE**.



C'est à partir de ce **POINT CRITIQUE** que le **CHLORE LIBRE** (Vous savez, $HClO + ClO^-$) apparaît.



CHLORE Résiduel



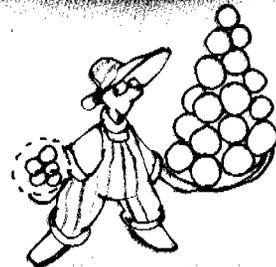
Demande immédiate de Chlore

POINT CRITIQUE

Chlore injecté

Chlore combiné
 +
 Chlore libre

CHLORE TOTAL



La dose de chlore nécessaire pour atteindre le point critique est théoriquement égal à 7,6 fois la teneur en azote ammoniacal.
En PRATIQUE : 8, 10, voire 15 fois, à cause de la demande d'autres composés.

Le chlore est un bon moyen d'éliminer NH_4^+ d'autres oxydants (dioxyde de chlore, ozone) ne réagissant pas avec NH_4^+ .

S'il y a trop d'ammoniaque, il faut mettre beaucoup de chlore, d'où le risque de mauvais goût. (Et en plus ça coûte cher)

Dans ce cas on peut éliminer l'ammoniaque par voie biologique.

Point de
CRITIQUES
sur le
POINT
CRITIQUE



OK,
Je
continue



Les petits microbes
dans l'eau
peuvent
NON SEULEMENT
vous rendre
malade,



DEGRADER

la qualité
organoleptique
de l'eau

C'est
d'un
goût



(mauvais
goût)

DETERIORER
les conduites
par suite de
CORROSION



ET EN PLUS...

le fait de désinfecter
l'eau n'empêche pas par
la suite l'arrivée
de nouvelles bactéries

qui
peut ?



SAUF

si le produit injecté
a une action
REMANENTE.

(C'est à dire qui dure...)



C'est le cas du
Chlore et du
dioxyde de Chlore

mais pas
de
l'OZONE

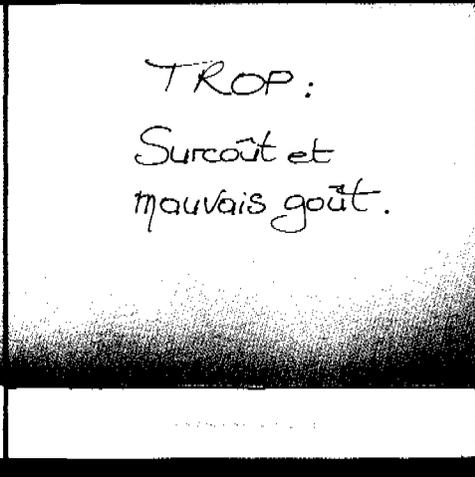
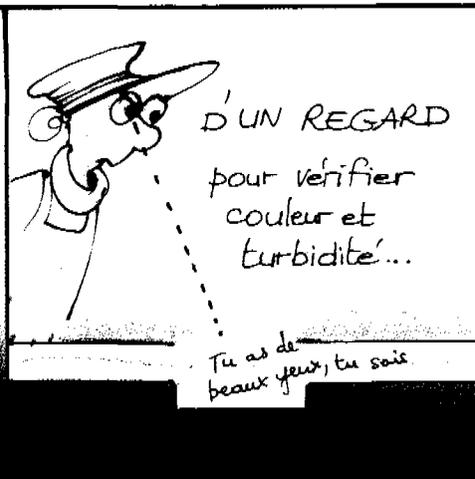
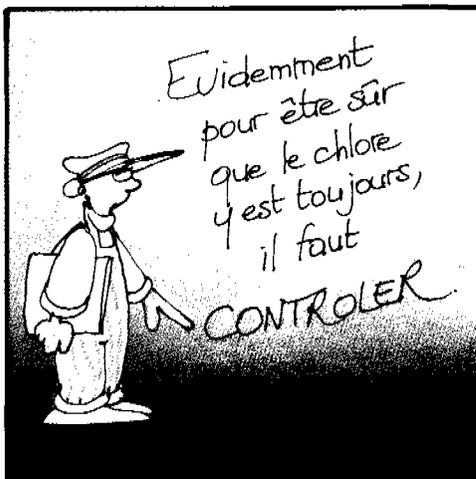


C'est pour ça qu'une
désinfection par
OZONATION* est
toujours suivie
d'une désinfection
au CHLORE

(ou au dioxyde
de chlore)



Cl



Quelques petits
points particuliers

relevant
du bon
sens.



Vous venez
de réparer
votre réseau.
Avant remise
en route...



... NETTOYEZ-LE,
cela évitera
d'augmenter le
nombre de
bactéries...
(RINSAGE ET DÉSINFECTION)

Le CHLORE
n'a pas
seulement

une
action
désinfectante



- L'amélioration des
rendements d'élimination
de matières organiques.

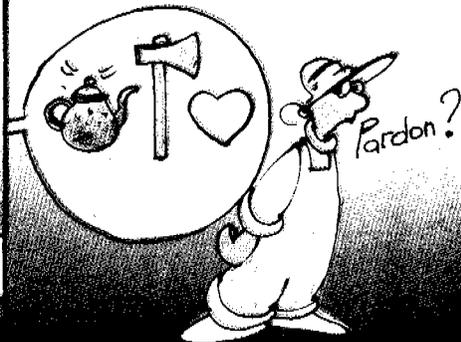
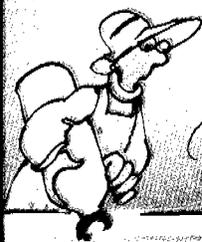
L'élimination des

- L'élimination de
l'ammoniacque.

(On l'a déjà vu, mais c'est
vraiment un
point critique...)



Le CHLORE est
alors introduit
en tête de
station
(d'où le nom de
PRÉCIPITATION)



THM

AH oui
BIEN

La Rigueur
Scientifique
est en bas



... la préchloration est ,
dans certains cas,
remise en cause
car elle provoque
l'apparition de THM
(Trihalométhanes)



Des THM peuvent
apparaître en
quantité excessive ;
leur élimination
est difficile et
coûteuse.



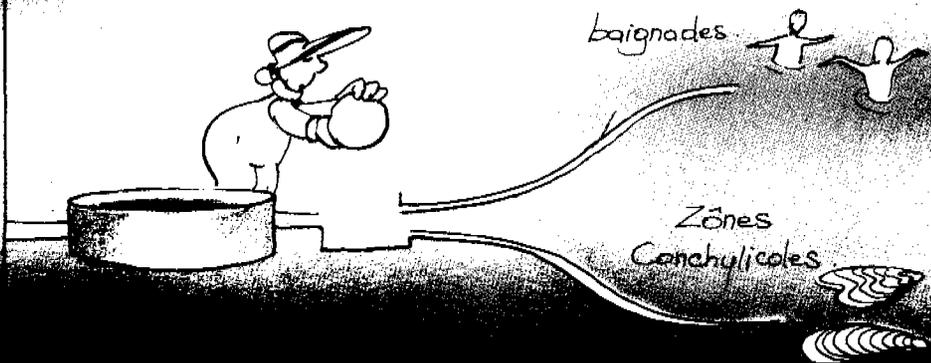
Mais cela
doit rester
UN MODE
et non pas
UNE



Tout ça , c'était pour
le TRAITEMENT DE
L'EAU POTABLE .



Mais le chlore peut
être aussi utilisé



Quant aux Piscines ,
le dosage doit
être particulièrement
bien fait...



Et pour Chlore
en beauté...



Bon courage aux EXPLOITANTS
qui ont pour mission
d'empêcher
LE CHLORE D'ÉLOUER

ENCLORE
ENCLORE

4



LES DOSES DE CHLORE A APPLIQUER

DESINFECTION DE L'EAU POTABLE

Cette action est fonction de la dose de chlore utilisé et du temps de contact avec le milieu à désinfecter; la mise en œuvre se fait souvent en respectant les conditions suivantes :

	Dose de chlore libre résiduel (mg/l)	Temps de contact (minutes)
Action bactéricide	0,1 à 0,2	10 à 15
Action virulicide	0,3 à 0,5	30 à 45

Les virus étant plus difficiles à détecter dans une eau que les bactéries, et leur résistance à la chloration plus importante, les conditions de traitement sont réglées sur celles relatives à l'élimination des virus.

Il est possible de travailler à une dose plus faible, mais en respectant un temps de contact plus important, ou de raccourcir le temps au prix d'une dose plus importante.

En fait, le réglage de la désinfection est souvent fait de telle sorte que le résiduel de chlore à la sortie de l'usine soit suffisant pour protéger l'eau pendant son transport.

La dose de désinfectant résiduel nécessaire sera déterminée par l'exploitant, à priori, à l'aide d'un "essai de conduite" et, à posteriori, par des contrôles réguliers le long du réseau, le but étant que l'eau, au point le plus éloigné de la production (en distance ou en temps de transit moyen), contienne du chlore résiduel.

Cette dose dépend de divers paramètres, indépendamment de la qualité de l'eau :

- longueur et type de réseau;
- matériau, âge et état des conduites;
- temps de séjour de l'eau dans le réseau.

Elle sera donc, après un essai de conduite, ajustée par l'exploitant en fonction de ces critères.

Dans certains cas (réseaux longs ou provisoirement surdimensionnés) il peut être difficile de respecter ces conditions sans introduire une qualité de chlore initiale importante; ce fort dosage provoque alors des désagréments pour les premiers abonnés desservis (goût de chlore et odeur sensibles à partir de 0,4-0,5 mg/l de chlore résiduel). On peut alors fractionner l'injection de désinfectant en plusieurs injections de moindre importance et réparties judicieusement sur le réseau (chlorations intermédiaires).

DESINFECTION DES RESEAUX APRES INTERVENTION

Pour éviter de contaminer le réseau lors d'une réparation, il est impératif de rincer et de désinfecter la portion du réseau incriminée avant sa remise en service (circulaire du 14 mars 1962); cette pratique ne saurait dispenser de prendre toutes les précautions utiles lors du stockage et de la mise en place des matériels.

L'exploitant doit respecter un temps de contact minimum entre le désinfectant et la conduite; ce temps dépend du produit utilisé et de la dose introduite.

Désinfectant utilisé	Temps de contact minimum (h)	Dose correspondante (mg de désinfectant/l)
Chlore (ou hypochlorites)	24	10
	12	50
	0,5	150
	instantané	10.000
Permanganate de potassium	24	50

Recommandations pour la désinfection des réseaux et réservoirs.

Ces opérations de rinçage et désinfection sont facilitées par l'utilisation de camionnettes équipées du nécessaire pour la préparation et l'injection des réactifs.

PRECHLORATION

Le chlore est alors introduit en tête de traitement; la dose injectée dépend de la valeur du point critique; elle est ajustée sur site de telle sorte qu'une teneur de chlore résiduel libre soit détectée avant ou après les filtres selon le cas.

Dans certains cas, une injection étagée du chlore le long de la filière de traitement permet de limiter la formation des THM. En effet, les THM ne semblent apparaître qu'en présence de chlore libre : retarder l'apparition de chlore libre peut permettre de mieux maîtriser leur formation.

CHLORATION DES EAUX USEES

Dans la majorité des cas, la chloration des eaux usées s'appuie sur l'action lente des chloramines sur les germes, en raison des fortes teneurs en ammoniacque rencontrées (au minimum 1 à 2 mg/l après une nitrification).

Doses de chlore à injecter en fonction du type d'effluent (temps de contact : 30 mn).

Type d'effluent	Demande immédiate en chlore (mg/l)	Dose de chlore injecté (mg/l)
Primaire non septique	5,0	10,5
Physico-chimique	5,0	9,2
Secondaire	3,0	5,5
Secondaire nitrifié	2,0	4,0

Les valeurs indiquées sont à affiner par réglage sur l'installation en fonction des résultats obtenus.

La présence de chloramines dans le rejet peut porter atteinte au milieu récepteur selon la teneur résiduelle (0,02 à 0,2 mg/l); suivant la sensibilité du milieu, une déchloration avant rejet peut être alors nécessaire pour préserver l'équilibre écologique.

CHLORATION DES EAUX DE PISCINES

Dans le bassin, le pH doit être compris entre 7,2 et 7,7 et la teneur en chlore libre comprise entre 1 et 1,8 mg/l; la teneur en chlore total ne doit pas excéder de 0,6 mg/l celle en chlore libre.



LES DIFFERENTS PRODUITS CHLORES

Les produits disponibles pour réaliser la désinfection au chlore sont :

- le chlore gazeux (Cl_2);
- l'hypochlorite de sodium ou eau de Javel ($NaOCl$);
- l'hypochlorite de calcium ($CaOCl_2$), plus souvent désigné par une appellation commerciale (HTH, HYDROCOLOR...).

Le choix de l'un ou l'autre de ces produits sera fonction de divers paramètres :

- approvisionnement en réactifs;
- facilité d'exploitation du système et sécurité;
- coût de revient du traitement.

COMPARAISON DES DIFFERENTES FORMES DE CHLORE

	Forme physique du produit commercial	Teneur en chlore (%)	Stabilité : perte de chlore dans le temps	Sécurité et manutention
Chlore gazeux ...	Gaz liquéfié sous pression	99	Excellente	Gaz toxique en cas de fuite
Hypochlorite de calcium	Solide blanc (poudre, granulés ou galets)	60 à 70	Perte de 2 à 2,5 % par an	<ul style="list-style-type: none"> ● Inflammation possible en cas de contact avec certains matériaux ● Corrosif
Hypochlorite de sodium	Liquide jaune	15 au maximum	Perte de 2 à 4 % par mois	Corrosif

COÛT D'EXPLOITATION

Le tableau suivant donne un ordre de grandeur du prix de revient du mètre cube d'eau traitée selon la forme de chlore utilisée.

Hypochlorite de calcium						
Hypochlorite de sodium						
Chlore gaz						
	0,2	0,3	0,6	1	2	Coût relatif

Echelle de coût d'exploitation :

- en France;
- capacité de traitement : 3.000 à 300.000 m³/jour.

Lorsque les trois produits sont facilement disponibles sur le site, le choix se fera entre le chlore gazeux (le plus économique) et l'eau de Javel (le plus simple à utiliser lorsque le personnel est peu qualifié, ou pour les petites installations).

Dans ce cas, l'hypochlorite de calcium n'est pas utilisé sauf pour réaliser la désinfection de réseaux (stockage du produit possible pour des interventions à faible fréquence) ou pour la désinfection des eaux de piscine.

Lorsqu'on doit importer le produit, le choix est limité au chlore gazeux et à l'hypochlorite de calcium. Les critères sont alors les conditions économiques d'approvisionnement (attention au renvoi du contenant vide au fournisseur, dans le cas du chlore gazeux) et la compétence du personnel d'exploitation (risques liés à l'utilisation du chlore gazeux).

Dans ce cas, la faible concentration de l'eau de Javel et sa faible stabilité la rendent inutilisable.



6

MISE EN ŒUVRE DES HYPOCHLORITES

PREPARATION

Les hypochlorites de calcium ou de sodium sont employés sous forme de solution.

HYPOCHLORITE DE SODIUM

Il peut être injecté tel quel (densité à 20 °C = 1,21) ou après dilution afin que le volume pompé ne soit pas trop faible.

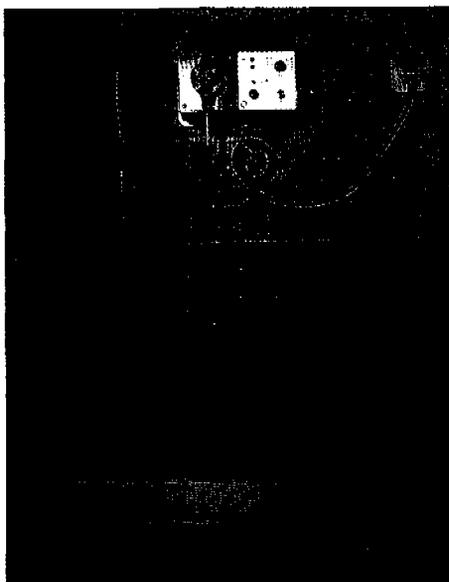
HYPOCHLORITE DE CALCIUM

Il doit toujours être mis en solution avant son injection (limite de solubilité à 20 °C : 225 g/l). La dissolution étant assez lente, il faut prévoir un temps d'agitation suffisant.

Il convient de n'utiliser, pour diluer ou mettre en solution ces produits, qu'une eau à faible teneur en calcium (dureté < 10-15 °F); le non-respect de cette condition entraîne en effet une précipitation de carbonate de calcium insoluble dans les bacs de préparation, due à la forte alcalinité des réactifs. Ces particules, outre l'encrassement des bacs, risquent de perturber le fonctionnement des dispositifs de dosage (clapets des pompes doseuses, par exemple).

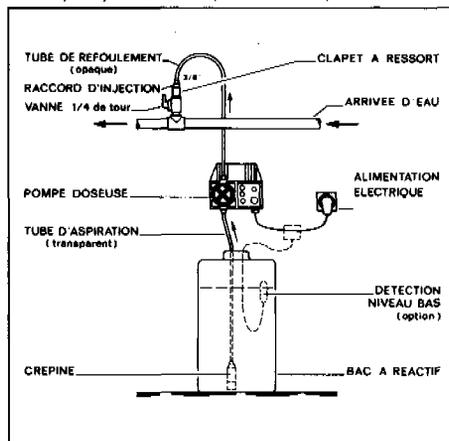
Pour éviter ce problème, lorsque l'eau disponible est trop dure, il faut :

- soit adoucir l'eau par une permutaion calco-sodique (adoucissement sur résines échangeuses d'ions);
- soit ajouter à l'eau de dilution un produit dispersant qui réduira les effets indésirables de la formation de tartre (hexamétaphosphate de sodium, par exemple).



Dosage de l'eau de Javel (source : CIR).

Principe de montage d'une pompe doseuse (source : CIR).



INJECTION

Le principal dispositif d'injection utilisé est la pompe doseuse.

Lorsque la contre-pression est faible ou nulle à l'injection, il est nécessaire d'ajouter une soupape de contre-pression pour stabiliser le débit.

MAINTENANCE ET CAUSES DE PANNE

Lorsque le liquide n'est plus injecté, la panne peut provenir de :

- encrassement des clapets : un nettoyage périodique est nécessaire;
- prise d'air à l'aspiration; crépine d'aspiration bouchée;
- refoulement bouché;
- contre-pression au point d'injection trop élevée;
- fuite sur refoulement.

Selon l'usure de la pompe et les conditions de fonctionnement, le débit du doseur ne correspond pas toujours aux indications du constructeur; l'exploitant doit donc vérifier périodiquement le débit réel et éventuellement retracer les courbes d'étalonnage.

CONTROLE DU DEBIT

A posteriori : mesure de la quantité dosée pendant un temps donné; la durée de la mesure doit être suffisante pour que la précision soit suffisante (quelques heures).

A priori : par une mesure instantanée du volume dosé à l'aspiration ou au refoulement (cf. Cahier technique n° 3). Si l'on mesure le débit refoulé, il faut essayer de se placer dans des conditions de pression de refoulement proches de la réalité, sinon des écarts importants peuvent apparaître.

Un asservissement peut être réalisé en fonction :

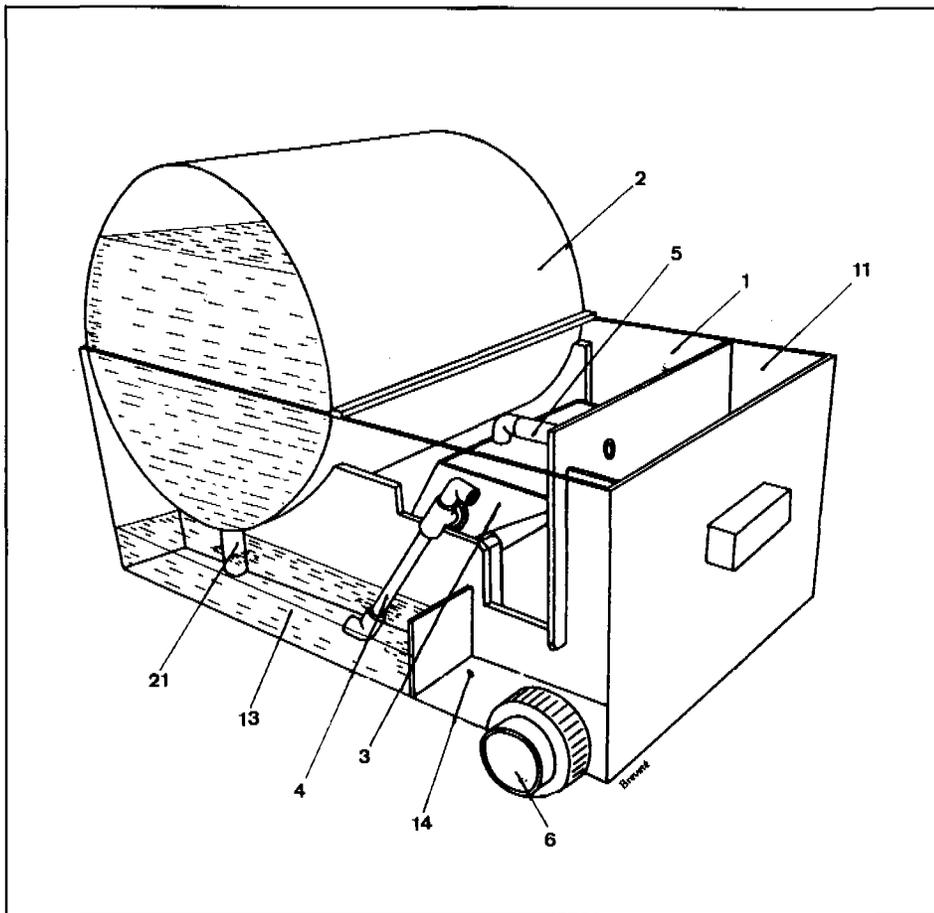
- soit du débit d'eau à traiter (par l'intermédiaire d'un compteur à impulsions);
- soit du résiduel de chlore;
- soit des deux, pour des réponses plus rapides aux variations.

Les pompes doseuses électromagnétiques peuvent être pilotées directement par un générateur d'impulsions (compteur, par exemple), alors que les pompes à moteurs électriques nécessitent soit un moteur à vitesse variable, soit un servo-moteur pour ajuster la course du piston.

Dans le cas d'une eau dure, l'entartrage des points d'injection (cannes) est à craindre; des nettoyages périodiques sont alors à prévoir (qui seront facilités par l'utilisation de cannes d'injection démontables).

D'autres dispositifs de dosage existent lorsqu'une alimentation en énergie du point de chloration n'est pas possible :

- apport d'énergie par batteries, éventuellement complétées par panneaux solaires;
- utilisation de doseurs gravitaires.
- utilisation de doseurs sous pression.



Doseur gravitaire (source : GARHIN).

Le réservoir (2) de 25 litres se remplit par l'ajutage (21) amené en position haute. Lorsqu'il est plein, on le fait pivoter de 180°. L'eau de Javel s'écoule au travers de l'ajutage dans le bac à niveau constant (13), et ce jusqu'à ce que sa base soit noyée.

L'amenée de l'eau motrice se fait par le compartiment (11) qui est munie de deux chicanes de tranquillisation. Un seuil démontable est placé à l'extrémité de ce compartiment.

Une partie de l'eau du compartiment (11) s'écoule au travers d'un ajutage (5) muni d'une pastille calibrée vers les godets de la bascule.

Un filtre destiné à retenir les éventuelles impuretés est placé en avant de l'ajutage.

Le premier godet (bascule 3) se remplit jusqu'à ce que le poids d'eau soit suffisant pour faire basculer et entraîner, lors du mouvement, le bras doseur (4) dont l'une des extrémités, munie d'un coude, plonge comme une cuillère dans le compartiment à niveau constant d'eau de Javel et y prélève, à chaque cycle, un volume fixe d'eau de Javel.

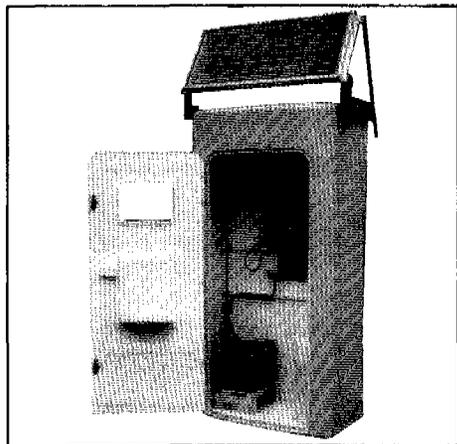
L'eau de Javel se déverse dans le compartiment (14) et se mélange à l'eau s'écoulant du seuil du compartiment (11) et à l'eau de vidange des godets.

Le mélange eau + eau de Javel s'écoule au travers de l'orifice (6) vers l'installation d'eau potable.

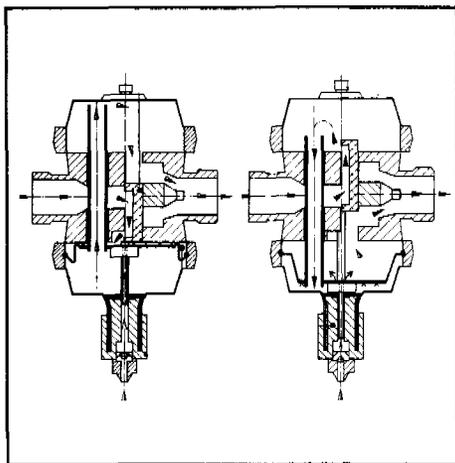
Puis c'est le deuxième godet qui se remplit à son tour et bascule dans sa position initiale, le bras doseur revenant plonger dans le compartiment d'eau de Javel.

Le système semble bien adapté pour des petites unités gravitaires : captages de sources, par exemple.

Cirautonome (source : CIR).



UTILISATION DE DOSEURS PROPORTIONNELS SOUS PRESSION



Doseur sous pression (source : MSR).

Un piston principal muni de deux clapets est entraîné alternativement par l'eau à traiter. Une petite pompe comportant un piston plongeur fixé sous le piston principal, aspire et introduit dans l'eau le produit de traitement.

Le dispositif est bien adapté pour une injection en réseau à des taux proportionnels au débit d'eau à traiter. Il faut noter qu'une prise d'air, une impureté ou la défaillance d'un joint peut interrompre le dosage; un bon fonctionnement implique que l'eau soit claire et non chargée de sable ou de boue, et qu'elle soit sous pression (la perte de charge est d'environ 1 bar).

SECURITE

HYPOCHLORITE DE CALCIUM

Sa poudre a une action irritante.

Il faut tenir le produit loin de sources de chaleur, des acides, des substances organiques ou oxydables. Tout contact avec ces produits peut être à l'origine d'un **incendie**.

C'est un produit très corrosif.

En cas de contact avec ce réactif, rincer rapidement avec de l'eau.

Le port de lunettes et de gants est fortement recommandé lors de la manipulation.

HYPOCHLORITE DE SODIUM

C'est un produit susceptible d'affecter la peau, les yeux et les autres tissus avec lesquels il peut entrer en contact.

A tenir loin des acides : en cas de mélange, des émanations de chlore gazeux peuvent apparaître. En cas de stockage en citerne, si d'autres produits liquides sont stockés sur l'usine, il faut prendre toutes mesures pour éviter les erreurs de manipulation (raccords différents, étiquetage et repérage...).

A manipuler avec des gants en caoutchouc, lors de la préparation des solutions.

Le port de lunettes est fortement recommandé.

Toute partie du corps en contact avec la solution d'hypochlorite doit être lavée promptement avec de l'eau en quantité suffisante.



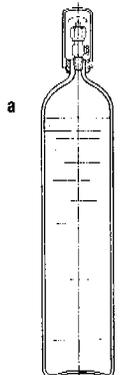
7



MISE EN ŒUVRE DU CHLORE GAZEUX

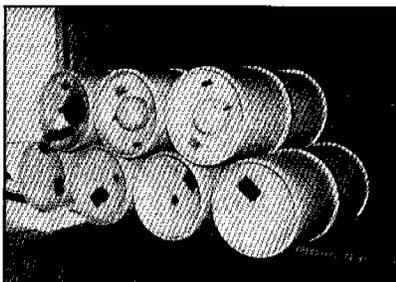
CONTENEURS

Le chlore gazeux est stocké sous forme liquéfiée dans des récipients en acier (bouteille ou tank).

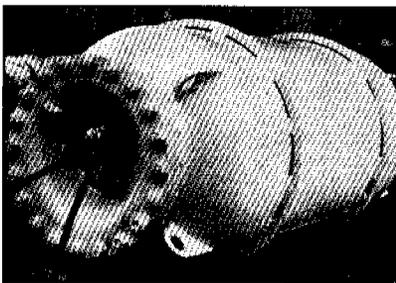


Coupe d'une bouteille en tube étiré à fond inversé

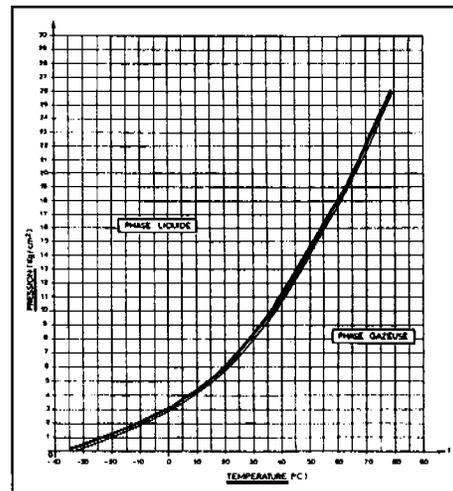
Cylindres à fonds concaves



Cylindres à fonds convexes



La pression qui règne à l'intérieur de ces capacités de stockage est la pression de vaporisation de chlore à la température ambiante.



Courbe de vaporisation du chlore.

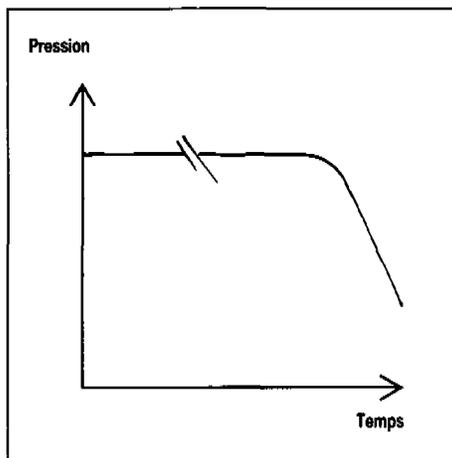
En France, l'utilisation de tube à corps soudé est interdite. Les contenances et poids de ces récipients sont en général les suivants :

	BOUTEILLES OU TUBES		BOUTEILLES OU TANKS	
	30	50	500	1.000
Charge approximative en chlore (kg)	30	50	500	1.000
Poids à vide (kg)	18	26	530	780

Cette pression ne dépend donc que de la température ambiante, et non de la quantité de chlore que contient le tube, du moins tant que le tube contient du liquide.

En effet, le soutirage de gaz en abaissant la pression intérieure va provoquer la vaporisation du chlore liquide jusqu'à rétablissement de la pression de vaporisation.

Lorsque la dernière goutte de liquide a disparu, la pression interne chute plus ou moins rapidement selon la quantité de chlore prélevée.

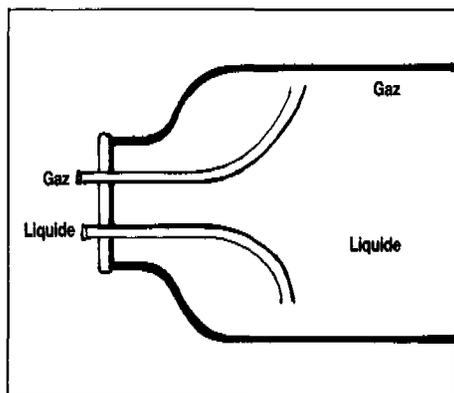


Evolution de la pression interne.

Le contrôle de la quantité de chlore consommé ne peut donc être fait par la mesure de la pression; il s'effectuera par pesée du récipient et mesure de la perte de poids.

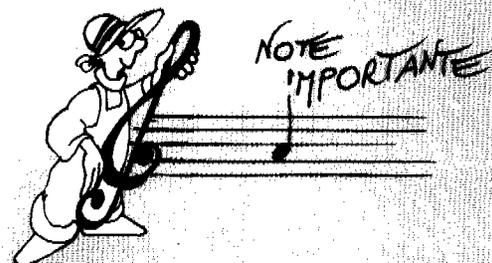
La pression permet seulement de savoir si la bouteille ou le tank est vide.

Les tanks sont équipés de deux vannes permettant de prélever soit du chlore liquide, soit du chlore gazeux, selon la vanne de prélèvement.



Equipement d'un tank à chlore.

Il faut absolument que les deux vannes des tanks soient dans un plan vertical pour ne pas avoir de liquide à la vanne de gaz, ce qui provoquerait, outre un mauvais fonctionnement, l'apparition de risques inacceptables.



Le chlore n'est pas un gaz explosif. Cependant, la pression d'épreuve des récipients étant en général de 30 bars, si la pression interne dépasse cette valeur, elle peut provoquer l'éclatement de l'enveloppe et libérer instantanément une quantité importante de chlore gazeux toxique.

La pression d'épreuve est atteinte à 88°C, en cas d'incendie, les récipients doivent donc être évacués. Les tanks sont généralement équipés d'une pastille-fusible qui fond vers 75°C, empêchant tout risque d'explosion, en créant cependant une fuite de chlore.

Pour éviter ces problèmes, il convient donc de veiller à ne pas porter ces récipients à des températures trop élevées (40°C maximum). De plus, l'acier brûle dans le chlore s'il est chauffé violemment; il faut donc absolument interdire de recourir à une flamme pour éventuellement chauffer un conteneur (déblocage de vanne, dégivrage...).

Il faut faire vérifier le timbre (pression d'épreuve) des enveloppes régulièrement en accord avec la législation en vigueur. En France, cette ré-épreuve doit avoir lieu tous les trois ans, sous contrôle du Service des Mines. Cette vérification peut être gérée par le fournisseur des recharges de chlore; elle est alors incluse forfaitairement dans le coût de la recharge dans les contrats de location, ce qui peut induire des contraintes sur la rotation des tubes (délai de retour inférieur à trois ans). Attention, si le Service des Eaux est le propriétaire des réservoirs, cette vérification peut lui incombent.

Le chlore liquide ou gazeux pur n'est pas corrosif vis-à-vis de nombreux matériaux: en conséquence, les tubes et tanks sont réalisés en acier ordinaire. Cependant, le chlore humide est très corrosif:

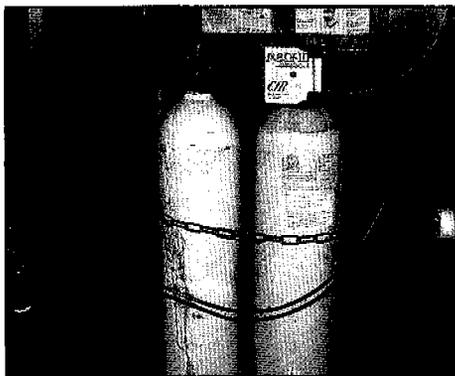
- une fuite de chlore va provoquer une corrosion externe du récipient;
- un retour d'eau dans un tube vide va provoquer une corrosion interne.

Dans les deux cas, l'enveloppe est fragilisée et représente un danger; les fournisseurs peuvent alors refuser un nouveau remplissage et ferrailer les enveloppes corrodées, qu'il faudra renouveler (d'où un coût plus important).

Il faut donc installer et vérifier régulièrement des dispositifs évitant tout retour d'eau vers le chlore.

DISTRIBUTION DE CHLORE CHLOROMETRES

Le chlore est soutiré dans la plupart des cas en phase gazeuse. La technologie de soutirage la plus répandue est l'utilisation de **chloromètres à dépression**. Cette dernière est créée par un hydro-éjecteur et permet de prélever le chlore en toute sécurité.

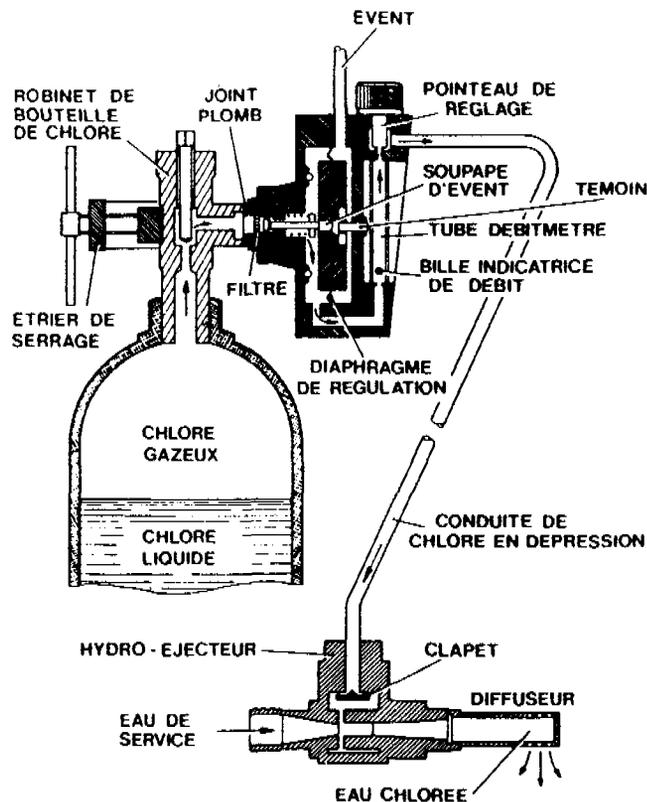


Chloromètre (source CIR).

L'**hydro-éjecteur** permet la mise en dépression et le mélange entre l'eau de service utilisée et le chlore gazeux, conduisant ainsi à une eau chlorée, qui est ensuite injectée dans l'eau à traiter.

La concentration de l'eau chlorée est généralement inférieure ou égale à 2-3 g/l selon la quantité d'eau utilisée.

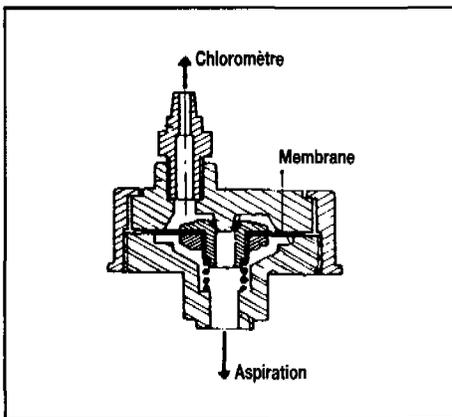
Le choix de l'hydro-éjecteur dépend de la pression disponible (en relation avec la contre-pression existant à l'injection) et du débit d'eau disponible.



Chloromètre : schéma de principe (source : CIR).

CHOIX DE L'HYDRO-EJECTEUR - EXEMPLE DE CARACTERISTIQUES

DÉBIT DE CHLORE (MAXI) 500 g/h	STANDARD N° 5 A		N° 3 A		
	CONTE-PRESSION kg/cm ²	kg/cm ²	l/sec.	kg/cm ²	l/sec.
0	0,98	0,20	1,12	0,11	
0,70	1,97	0,34	2,46	0,17	
1,40	3,30	0,47	3,87	0,22	
2,10	4,36	0,54	5,27	0,25	
2,81	4,99	0,58	6,61	0,28	
3,51	5,69	0,62	7,45	0,31	
4,21	6,61	0,68	8,23	0,33	
4,92	7,66	0,76	9,21	0,35	
5,62	8,58	0,80	10,05	0,37	
6,63	9,77	0,87	10,97	0,38	
7,03	10,76	0,91	11,88	0,40	
7,73	11,81	0,95	12,58	0,41	
8,44	12,86	1,00	13,43	0,42	
9,14	13,99	1,03	14,34	0,44	
9,84	15,04	1,07	15,47	0,45	
10,55	15,47	1,10	16,52	0,47	
11,25	16,38	1,16	18,00	0,49	



Clapet anti-retour à membrane.

Un clapet anti-retour au niveau de l'arrivée de chlore assure la protection contre les retours d'eau, en particulier lors des arrêts de l'installation. Il est impératif de vérifier périodiquement son bon fonctionnement et de l'entretenir correctement. Si des traces d'humidité apparaissent dans le rotamètre du doseur, il faut vérifier l'état du clapet.

LE DIAPHRAGME (ou MEMBRANE)

C'est lui qui, sous l'effet du vide créé par l'hydro-éjecteur, va se déplacer et pousser la **soupape de sécurité**, libérant ainsi le chlore gazeux. L'autre côté de la membrane est en permanence à la pression atmosphérique par l'intermédiaire d'un évent. Lorsque la dépression cesse, la membrane revient à sa position d'équilibre et provoque la fermeture de la soupape de sécurité, isolant l'alimentation en chlore gazeux du système. Un orifice est alors libéré, qui rétablit la pression atmosphérique de part et d'autre de la membrane.

LA SOUPAPE DE SECURITE

Elle s'ouvre sous l'effet de la poussée exercée par la membrane et se referme grâce à un ressort de rappel lorsque la dépression cesse. Son siège doit toujours être parfaitement propre pour que l'étanchéité soit bonne. Le chlore gazeux est donc filtré avant cette vanne.

Outre son rôle de vanne, cette soupape sert également à réguler les pressions et, en particulier, à faire chuter la pression du chlore gazeux de 6 bars à 20 °C dans le tube à une valeur inférieure à la pression atmosphérique dans le chloromètre. Cette fonction peut restreindre la capacité de soutirage de chlore (phénomènes de givrage).

LE FILTRE

Il protège le chloromètre contre d'éventuelles impuretés contenues dans le chlore. Il doit être en une matière ne réagissant pas avec le chlore : coton minéral, par exemple, mais **pas** de coton hydrophile.

Il doit être changé à chaque changement de bouteille.

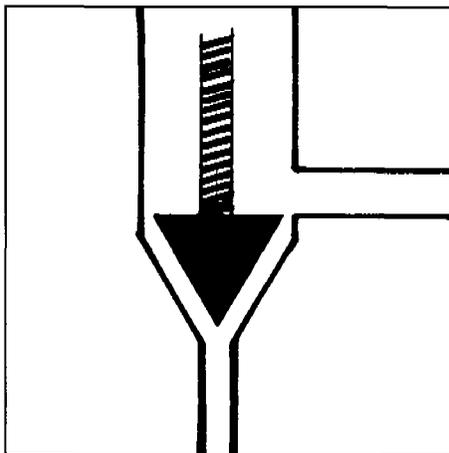
En plus de ce filtre en coton, certains constructeurs prévoient un filtre d'entrée en matière frittée ayant une finesse de filtration supérieure; ces filtres sont périodiquement nettoyés à l'alcool et séchés avant utilisation.

DEBITMETRE REGLAGE DU DEBIT

Un rotamètre gradué en g/h de chlore permet de contrôler le débit de chlore. Ce débit est ajusté en obstruant plus ou moins le passage du gaz.

Deux dispositifs sont utilisés :

— vanne à pointeau

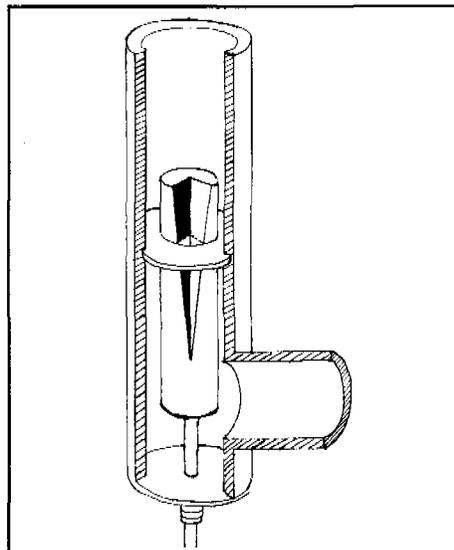


Vanne à pointeau.

Soupape de sécurité.



— coulisseau à entaille en V.



Coulisseau à entaille en V.

Ce dernier dispositif est moins fragile que le premier, qui est plus approprié cependant pour les très faibles débits.

En **aucun cas** ces vannes ne peuvent servir à arrêter la distribution de chlore (elles sont trop fragiles). On utilise pour cela la vanne du conteneur ou l'arrêt du vide.

Des impuretés contenues dans le chlore, des traces d'humidité ou de chlore liquide peuvent provoquer le coincement de la bille du débitmètre; il faut alors nettoyer le tube à l'aide d'alcool à brûler ou d'acétone.

Bien faire attention à l'étanchéité du tube lors du remontage.

L'ETRIER DE FIXATION

Ce dispositif permet le montage direct du chloromètre sur le tube de chlore, réduisant ainsi les risques de fuite de chlore sous pression, à condition de respecter les règles d'utilisation des joints d'étanchéité entre le tube et le chloromètre.



Etrier de fixation (vu de dessus).

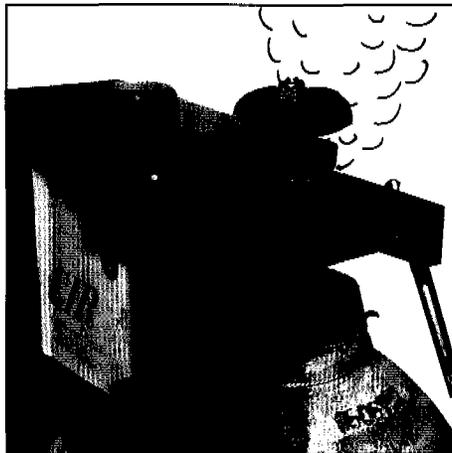
Lors d'un changement de bouteille, le desserrage progressif de l'étrier permet de s'assurer que la vanne de sortie de chlore est bien fermée. Si ce n'est pas le cas, on peut ainsi procéder à un remontage rapide. En effet, une bouteille est considérée comme vide lorsque le chloromètre ne permet plus le soutirage de gaz. Or, souvent, la pression résiduelle dans la bouteille est de l'ordre de 1 à 2 bars, et cette pression est suffisante pour provoquer un départ de chlore si la vanne du tube ferme mal (obstruction par encrassement, par exemple).

Cet élément concourt donc à la sécurité des personnels.

LE JOINT

Placé entre le tube et le chloromètre, ce joint en plomb ou en fibres minérales, selon le constructeur, doit être **impérativement** changé à chaque démontage.

L'étanchéité est systématiquement vérifiée : pour ce faire, on procède à une recherche de fuite à l'aide d'une **solution d'ammoniaque à 25 %** qui, en présence de chlore, donne des fumées blanches de chlorure d'ammonium. Il faut donc prévoir un flacon contenant la solution d'ammoniaque à proximité immédiate des récipients de chlore.



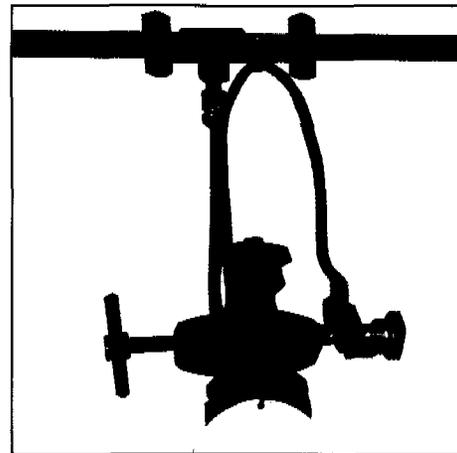
Recherche de fuite.

INDICATEUR DE MANQUE DE GAZ

Lorsque la bouteille est "vide", la pression interne chute; le déplacement de la membrane s'accroît (déplacement de l'équilibre des pressions); lorsque le déplacement est maximum et limité mécaniquement, le vide poussé ainsi créé provoque l'apparition d'un indicateur visuel de manque de gaz ou actionne un contact d'alarme.

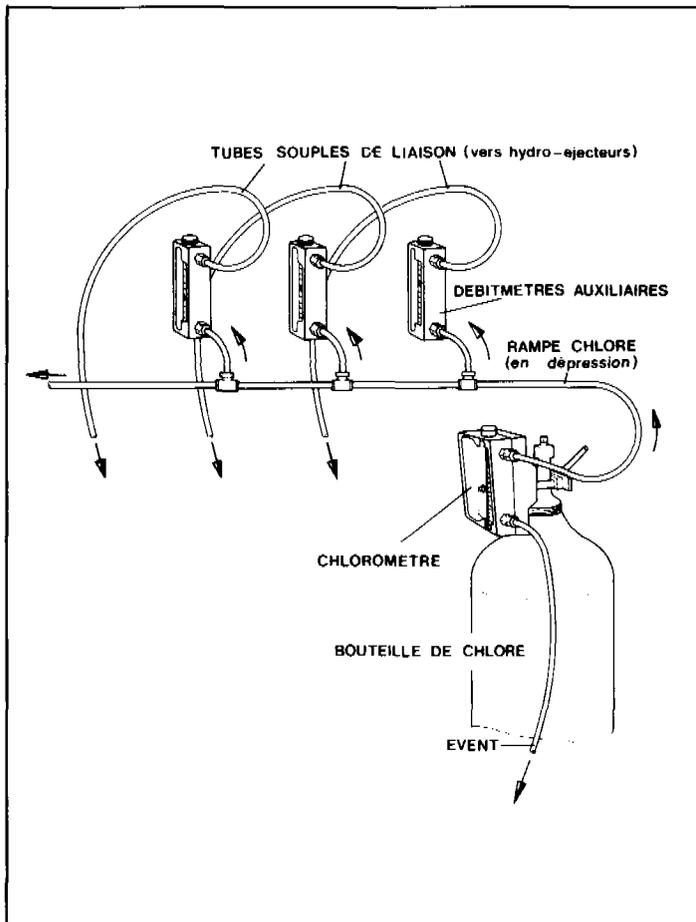
AUTRES MODES DE MONTAGE DE CHLOROMETRES

Le chloromètre peut être monté sur un mur. La canalisation entre le récipient et le chloromètre transporte alors du chlore sous pression. Elle doit être en matériau rigide et comporter une lyre ou un enroulement (type cor de chasse) permettant éventuellement sa déformation.

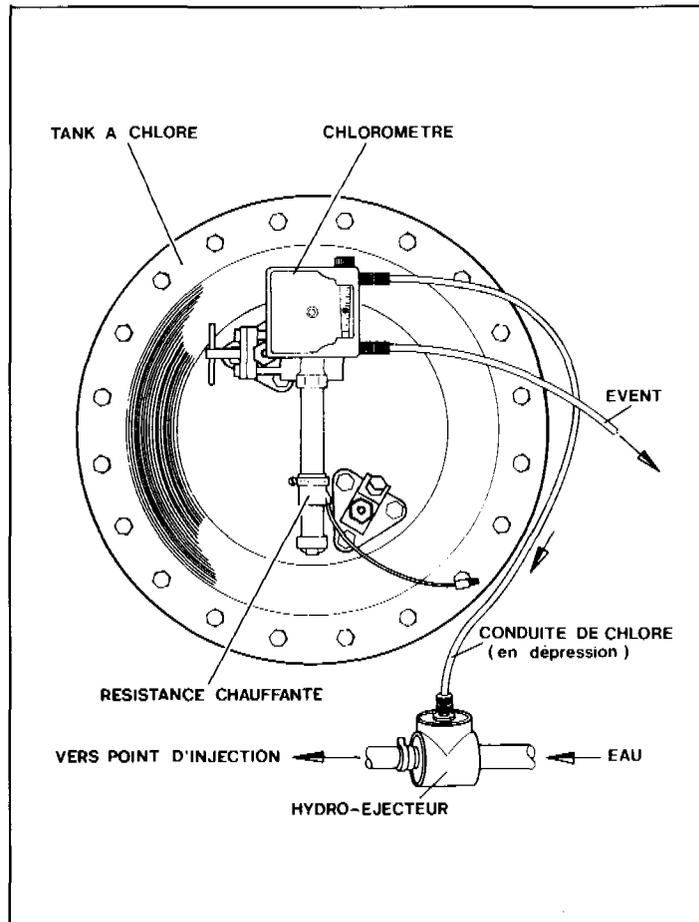


Lyre de déformation.

L'ensemble débitmètre-réglage peut ne pas être monté sur le chloromètre, mais en être distant de quelques mètres pour faciliter l'exploitation et/ou améliorer la sécurité du personnel. La liaison est assurée par une conduite sous vide. C'est le cas également lorsqu'il y a plusieurs points d'injection distincts.



Chloration à directions multiples.



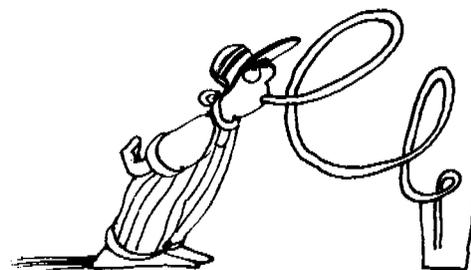
Montage sur tank.

Certains chloromètres sont en deux parties :

- un détendeur-vanne sous vide monté sur la bouteille;
- un régulateur de vide-doseur (chloromètre) à distance.

La liaison entre ces deux éléments est assurée par une conduite sous vide.

En cas de montage direct sur tank, le chloromètre est équipé d'un élément de chauffage électrique (25 W) pour éviter l'introduction accidentelle de chlore liquide dans l'appareil.



LIMITE DE SOUTIRAGE

Le taux de prélèvement maximum de chlore d'un récipient donné dépend en premier lieu de la température ambiante, ainsi que du chloromètre et de la taille du conteneur. En effet, un soutirage trop important, à cause de la chute de pression (due aux pertes de charge) qu'il induit au niveau de la vanne, risque de provoquer le blocage de cette dernière ou une obstruction du chloromètre par givrage.

En première approximation, la limite de soutirage peut se déterminer de la manière suivante :

- tube de 50 kg - soutirage maximum : $(34 \theta + 270)$ g/h;
- tank de 1 000 kg - soutirage maximum : $8 \times [34 \theta + 270]$ g/h

θ étant la température ambiante (°C).

Exemple : pour $\theta = 20^\circ\text{C}$, le soutirage maximum sera de 950 g/h pour un tube de 50 kg.

On recommande souvent de ne pas soutirer plus de 1 % (par heure) de la capacité du tube.

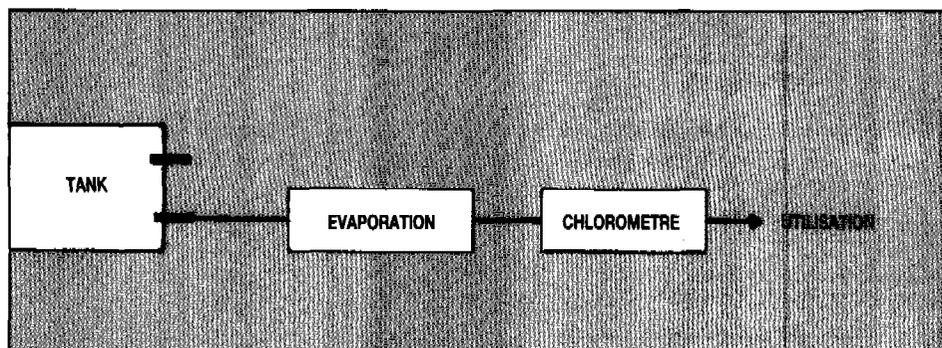
La présence de givre sur le débitmètre indique la présence de chlore liquide dans le chloromètre (indice d'une bouteille trop pleine ou ayant été remuée pendant le fonctionnement).

Lorsqu'on veut plus de chlore, on peut envisager :

- soit d'augmenter la température ambiante (local chauffé) ou de réchauffer le chlore : attention à ne pas provoquer la surchauffe du tube; sa résistance est calculée pour une température maximale du liquide de 40°C qu'il ne faut pas atteindre, encore moins dépasser (il faut proscrire toute source de chaleur trop directe ou trop localisée);
- soit de mettre plusieurs conteneurs en parallèle. Les récipients doivent être absolument tous à la même température afin que les pressions soient identiques (attention aux tubes de rechange venant de l'extérieur! La différence de température modifie l'équilibre entre phase gazeuse et phase liquide et la pression de vaporisation : le récipient le plus froid sera rempli à partir du plus chaud);
- soit prélever du chlore liquide.

UTILISATION DU CHLORE LIQUIDE

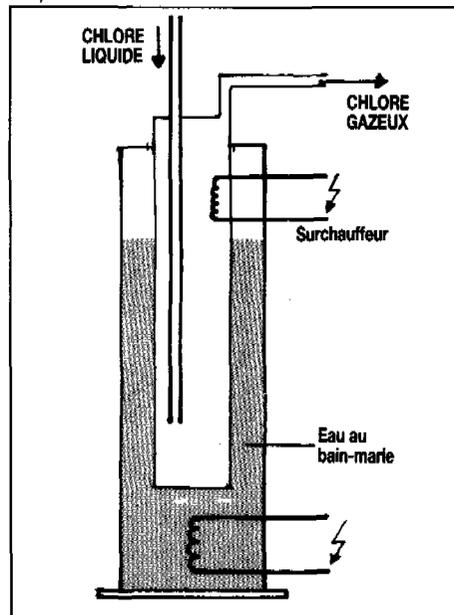
Il est possible de soutirer du chlore liquide des tanks à chlore et d'en prélever jusqu'à 25 % de la capacité totale par heure. Ce chlore liquide est ensuite évaporé, puis le chlore gazeux est dosé à l'aide d'un chloromètre.



Soutirage du chlore liquide.

L'évaporateur est une enceinte dans laquelle le liquide est évaporé à une température de 70°C environ par un apport de calories extérieur.

Evaporateur de chlore.



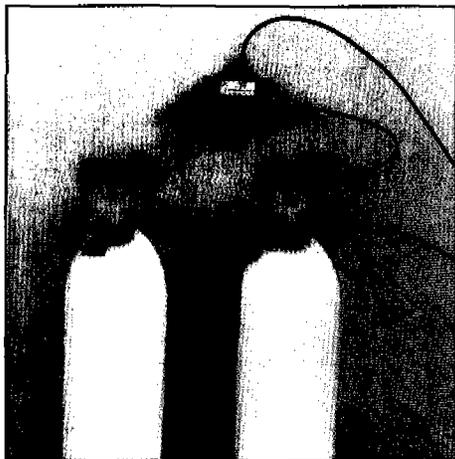
ACCESSOIRES

INVERSION AUTOMATIQUE

Lorsqu'on veut disposer d'une autonomie importante, ou ne pas risquer un arrêt de la chloration par manque de gaz, on peut travailler avec plusieurs récipients en utilisation successive. L'inversion entre le conteneur vide et le conteneur plein doit se faire automatiquement dès que le manque de gaz se manifeste.



L'INVERSEUR MECANIQUE



Inverseur mécanique.

Ce dispositif nécessite un chloromètre sur chacun des deux conteneurs.

Lorsque le vide dans l'inverseur devient très important à cause de la chute de pression dans la bouteille vide, la membrane opposée est aspirée. Son déplacement provoque, grâce à un dispositif de bascule, la fermeture de l'orifice du côté de la bouteille vide et l'ouverture de l'orifice raccordé à l'autre bouteille (pleine en principe).

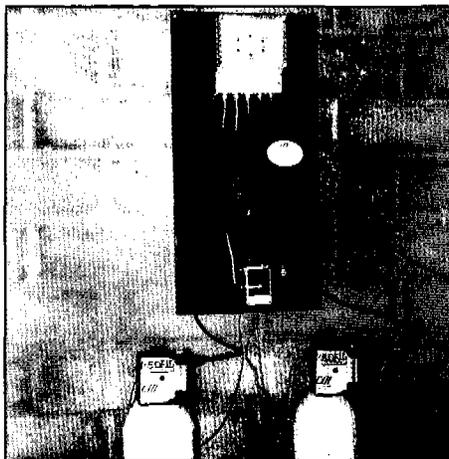
VARIANTE

Le dispositif comprend dans ce cas 2 chloro-détendeurs équipés chacun d'un dispositif de retenue mécanique du diaphragme.

En fonctionnement normal, une des bouteilles de chlore délivre du gaz par l'intermédiaire de son chloro-détendeur et le niveau de vide est insuffisant pour vaincre la force de retenue du chloro-détendeur de la seconde bouteille qui se trouve ainsi en réserve.

Lorsque la première bouteille en service est épuisée, le vide dans les conduites et les chloro-détendeurs augmente ainsi que la force exercée sur le diaphragme du chloro-détendeur de réserve jusqu'à ce qu'elle soit supérieure à la force de retenue. Le diaphragme libéré actionne la valve d'entrée mettant ainsi la deuxième bouteille en service.

INVERSEUR ELECTRIQUE



Inverseur électrique.

Il s'agit en fait d'une vanne à trois voies et à commande électrique.

La rotation de la vanne peut être commandée :

- par un contact électrique de manque de gaz équipant chacun des chloromètres;
- par une mesure de la pression régnant dans les conduites d'aspiration.

Certains constructeurs prévoient l'emploi de ce système plutôt que l'inverseur mécanique si l'autonomie d'un conteneur dépasse deux semaines, ceci pour éviter des problèmes éventuels de grippage et de mauvais fonctionnement du mécanisme.

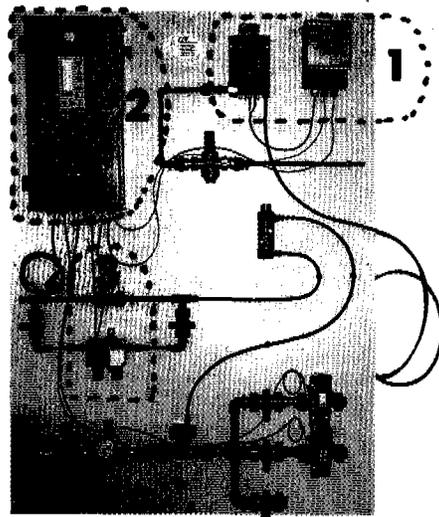
AJUSTEMENT AUTOMATIQUE DU DOSAGE

Il est assuré en modifiant le positionnement de la vanne de réglage par l'intermédiaire des dispositifs suivants :

- moteur pas à pas et pointeau sur système vis-écrou;
- moteur pas à pas et crémaillère positionnant un coulisseau entaillé en V.

Le réglage peut être asservi soit à une teneur en chlore résiduel ou au débit d'eau à traiter, soit aux deux, selon le type de régulateur utilisé.

Il faut toujours penser à tenir compte dans tous les cas du temps de réponse du système aux sollicitations : il convient donc d'attendre suffisamment longtemps entre deux modifications pour en mesurer les effets correctement.



Ajustement automatique du dosage.

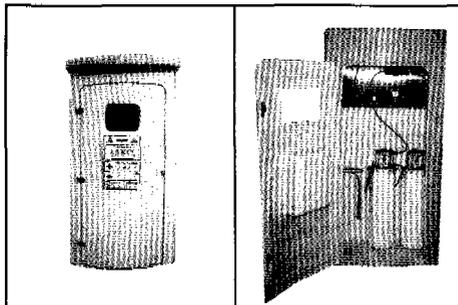
1. Analyseur de chlore
2. Régulateur
3. Vanne modulante.



SECURITE D'UTILISATION DU CHLORE GAZEUX

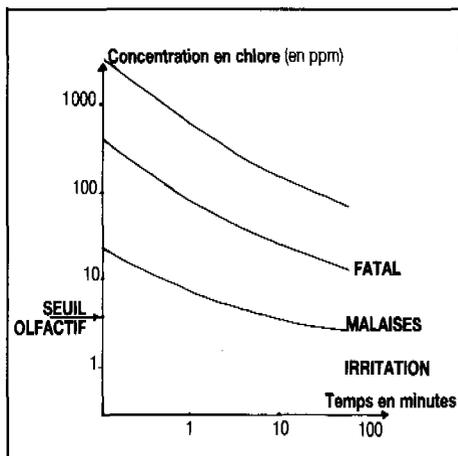
Au sujet des dépôts de chlore liquéfié, la circulaire du 24 juillet 1972 ("J.O." du 18 octobre 1972) établit des prescriptions précises.

Des cabines extérieures préfabriquées sont disponibles auprès des entreprises spécialisées, et répondent aux normes.



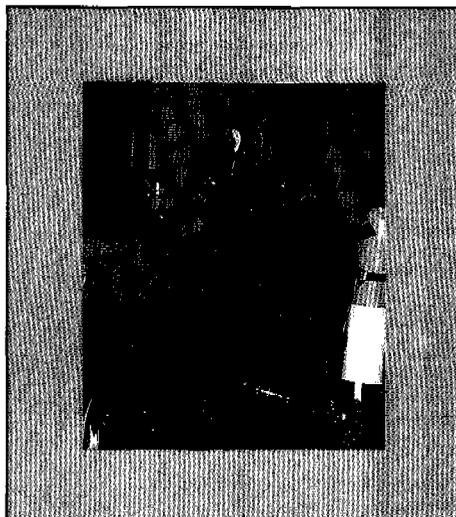
Cabine préfabriquée (source : CIR).

Le chlore est un gaz irritant et suffocant.



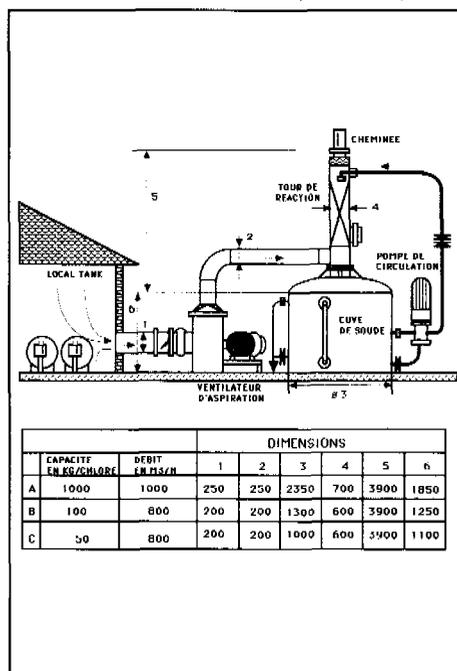
Le port du masque est obligatoire : on disposera à cet effet d'un nombre suffisant de masques à gaz, d'un modèle agréé, **entretenus en bon état** et placés **en dehors** du dépôt de manière à pouvoir pénétrer dans celui-ci en cas d'accident. Le personnel sera entraîné à leur emploi. Ces masques n'ont qu'une autonomie limitée (quelques minutes).

L'utilisation d'une bouteille respiratoire avec masque est impérative si des interventions longues sont nécessaires.



Masque à chlore en situation.

Tour de neutralisation des fuites (source CIR).



NEUTRALISATION DES FUITES

Une fuite de gaz est facilement maîtrisable grâce à un coin métallique ou un emplâtre de béton. Il faut toujours s'arranger pour qu'une fuite de liquide devienne une fuite de gaz (en retournant le container, par exemple).

Le personnel doit pouvoir disposer du matériel nécessaire à proximité du local de stockage.

L'immersion d'une bouteille dans une solution de soude ou la mise en service d'une tour de lavage de l'air vicié grâce à une solution de soude permettent également de maîtriser les fuites.

La tour de neutralisation des fuites doit être calculée par rapport à la quantité de chlore susceptible de s'échapper (en considérant la totalité des containers utilisés en parallèle) et par rapport au temps qui s'écoulera avant l'arrêt de la fuite.



Un tank à chlore perdra au maximum (fuite ponctuelle) un débit de chlore gazeux de 7 kg/mn dans les premières minutes à 20°C; le débit chute à cause du refroidissement créé par la détente du gaz.

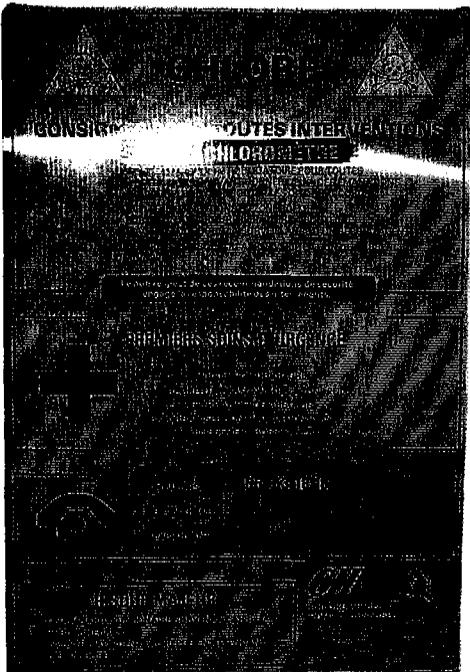
En phase liquide, il s'échappera 85 kg/mn sans baisse de débit.

Le volume d'air à laver sera d'environ 13 m³/h par mètre carré de surface du local, auxquels il faut ajouter le volume de chlore à absorber (un kilogramme de chlore détendu à la pression atmosphérique et à 20°C occupe 1/3 m³).

Pour neutraliser 1000 kg de chlore s'échappant d'un tank, le débit de soude dans la tour sera de l'ordre de 25 m³/h et la quantité de soude à 25 % (point de congélation à -20°C) sera de 4,5 m³.

Pour une hauteur de l'ordre de 3 m, le diamètre de la tour dépend du débit d'air.

La réaction du chlore et de la soude donne de l'hypochlorite de sodium, qu'il convient de neutraliser avant rejet. La neutralisation est faite au thiosulfate de sodium (870 kg de produit commercial environ pour 1 tonne de chlore).



Affichette de prévention.

DETECTION DU CHLORE DANS L'AIR AMBIANT

Ces appareils sont destinés à contrôler la teneur en chlore de l'air ambiant dans les salles où est utilisé du chlore gazeux; en cas de dépassement d'une valeur de consigne pré-réglée (entre 0 et 10 ppm généralement), une alarme sonore est actionnée pour prévenir l'exploitant d'un problème (le plus souvent une fuite — attention cependant à certains phénomènes de dégazage dans les tours de contact).

Il existe deux types de sonde de mesure :

- Sonde électrochimique sèche à diffusion : elle a une durée de vie moyenne de 18 à 24 mois. La sécheresse et les fortes températures provoquent des migrations d'ions dans la sonde, diminuant progressivement sa réactivité de détection; d'autre part, une sonde s'use plus rapidement si elle est sollicitée plus souvent.

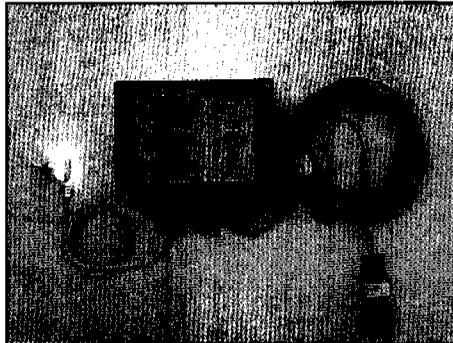
Sonde avec réservoir d'électrolyte : une mèche trempant dans le réservoir fait remonter par capillarité la solution d'électrolyte vers l'électrode. Il faut périodiquement réapprovisionner le réservoir en solution (une fois par an).

La sonde doit être correctement positionnée :

- au ras du sol dans un local fermé (chlore plus lourd que l'air);
- sous le vent dans un local aéré.

Il est important de s'assurer périodiquement du bon fonctionnement de la sonde, en apportant un récipient contenant de l'eau de Javel au-dessous de la cellule.

Détecteur de chlore dans l'air à sonde sèche (source : CIR).



MATERIAUX

Les matériaux utilisés pour véhiculer, doser et injecter le chlore doivent résister à la corrosion qui peut être provoquée par le chlore, selon qu'il est humide ou sec (liquide ou gazeux). Le chlore humide est particulièrement corrosif (attention aux fuites et aux infrastructures de l'usine d'eau).

● Chlore sec gazeux :

- Acier doux : bonne tenue jusqu'à 120°C;
- Acier inoxydable : bonne tenue jusqu'à 150°;
- Cuivre : bonne tenue jusqu'à 200°C;
- PVC : bonne tenue jusqu'à 40°C;
- PTFE : bonne tenue.

● Chlore humide gazeux :

- Acier doux : tenue nulle;
- Acier inoxydable : tenue nulle;
- Cuivre : tenue nulle;
- PVC : bonne tenue jusqu'à 40°C;
- PTFE : bonne tenue jusqu'à 200°C.

● Chlore sec liquide :

- Acier doux : bonne tenue;
- Acier inoxydable : bonne tenue;
- Cuivre : bonne tenue;
- PVC : tenue nulle;
- PTFE : tenue acceptable.



METHODES COLORIMETRIQUES

Elles font appel à l'emploi d'indicateurs qui, en présence de chlore, développent une coloration dont l'intensité est proportionnelle à la concentration du chlore.

METHODE A L'ORTHOTOLIDINE

L'orthotolidine est un composé qui, oxydé par le chlore, produit une coloration jaune, dont l'intensité dépend de la concentration de chlore.

L'usage d'un comparateur approprié permet de déterminer la concentration de chlore.

Toutefois, cette technique est peu précise par suite des interférences dues aux nitrites et aux formes oxydées de manganèse qui réagissent avec l'orthotolidine, pour former des holoquinones qui développent une coloration jaune, donnant ainsi de fausses indications de chlore résiduel.

Pour cette raison et d'autres (**impossibilité** de distinguer chlore libre et chlore total, risques cancérigènes), cette technique est de moins en moins utilisée.

METHODE A LA SYRINGALDAZINE

L'oxydation de la syringaldazine par le chlore libre produit une couleur violette, dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en chlore libre de 0 à 1,5 mg/l.

Elle ne réagit pas sur les chloramines (pas de mesure de chlore combiné); pas ou très peu d'interférences avec les composés présents dans les eaux potables.

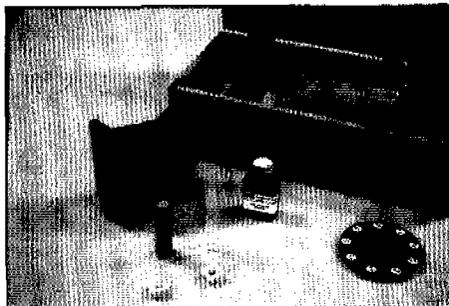
METHODE DPD

L'addition de diéthyl-p-phénylène diamine (DPD) à un échantillon contenant du chlore provoque l'apparition d'une coloration rouge dont l'intensité dépend de la concentration de chlore. A l'aide d'un comparateur et de disques ou échelles appropriés, on peut alors déterminer la teneur en chlore résiduel.

Cette technique présente certains avantages qui la font de plus en plus utiliser de préférence à l'orthotolidine :

- elle est peu sensible aux interférences;
- elle permet de doser les différentes formes de chlore (chlore libre, chlore combiné).

Comparateur d'analyse colorimétrique.



METHODE AMPEROMETRIQUE

Eprouvette	Pilule	Lecture	Différence	Résultats	Interprétation
1	n° 1*	A		mg/l	Chlore libre.
	+ n° 2*	B		mg/l	Chlore libre + monochloramine.
			B - A	mg/l	Teneur en monochloramine.
	+ n° 3**	C		mg/l	Chlore total (chlore libre + chlore combiné).
			C - B	mg/l	Di et trichloramines.
2	n° 4**	D		mg/l	Chlore total.
			D - A	mg/l	Chloramines (mono, di et tri).

Exemple de détermination de la teneur en chlore résiduel (méthode DPD).

* Dès dissolution, faire la lecture.

** Attendre 2 minutes entre la dissolution et la lecture.

Elle permet l'analyse en continu du chlore résiduel. La mesure s'effectue par l'intermédiaire d'un dispositif (analyseur) comprenant deux électrodes :

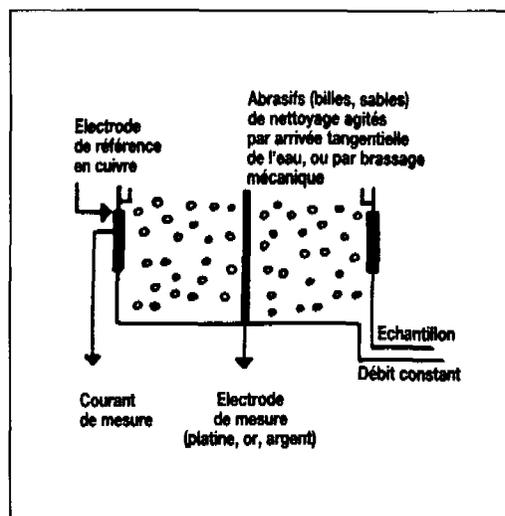
- une électrode de référence en cuivre qui va être le siège d'une réaction d'oxydation ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{++} + 2\text{e}^-$);
 - et une électrode-mesure inattaquable, faisant transiter les électrons nécessaires à la réduction du chlore ($\text{HClO} + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$)
- Acide hypochloreux.

Lorsque l'on maintient une tension constante entre les électrodes, un courant électrique proportionnel à la teneur en chlore va circuler entre les électrodes et dans l'appareil de mesure. La connaissance de la valeur du courant permet de déterminer la teneur en chlore.

MAINTENANCE DU CAPTEUR

Le phénomène électrochimique utilisé (ampérométrie) nécessite des surfaces d'électrodes **propres**. Il faut donc veiller à ce que les dispositifs auto-nettoyants (sable, billes...) soient constamment présents dans le bac de réaction.

En cas d'arrêt de l'appareil, même de courte durée, on conseille de maintenir l'alimentation en eau du capteur pour que les électrodes soient toujours immergées et nettoyées.





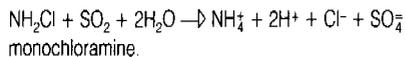
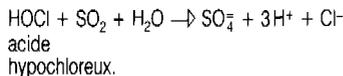
9 DECHLORATION

Dans certains cas, on peut être amené à surchloration (temps de contact faible). Il convient alors de ramener la teneur en chlore à une valeur raisonnable. Il faut par conséquent déchloration.

La déchloration peut être réalisée de diverses manières :

AVEC DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX

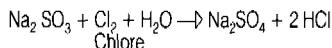
(SO₂), qui met en jeu les réactions suivantes :



En pratique, il convient de retenir 1 mg/l de SO₂ par mg/l de chlore à réduire.

AVEC DU SULFITE DE SODIUM

(Na₂SO₃)

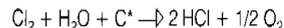


Il faut 1,77 mg de sulfite de sodium pour réduire 1 mg de chlore.

Les réactions ci-dessus sont pratiquement instantanées.

AVEC DU CHARBON ACTIF

(C*) qui catalyse la réaction d'oxydation de l'eau par le chlore. Il est employé sous forme de filtre sur lequel on fait passer l'eau chlorée.



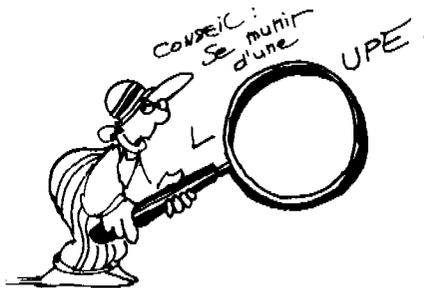
Cette réaction est caractérisée par la longueur de demi-chloration (hauteur de lit qui, à une vitesse donnée, provoque une diminution de moitié de la dose de chlore dans l'eau). Le pH a une grande influence sur l'efficacité du traitement (plus rapide à pH acide).

Des charges volumiques de 5 à 15 volumes d'eau par volume de charbon actif et par heure sont généralement préconisées suivant les conditions d'utilisation.

Le fonctionnement du filtre déchloration peut être perturbé par le colmatage du lit (si l'eau contient des matières en suspension) et la saturation du lit s'il y a présence de matières adsorbables.



10. JO



INSTRUCTION RELATIVE AUX DÉPÔTS DE CHLORE LIQUÉFIÉ SOUS PRESSION CONSTITUÉS D'ENCEINTES MOBILES

Cette instruction vise les dépôts de chlore liquéfié constituant un stockage réalisé au moyen de récipients mobiles et soumis à autorisation au titre de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées.

Définitions.

Art. 1^{er}. — Un dépôt est constitué d'un ou plusieurs récipients mobiles (bouteilles, cylindres ou conteneurs).

Les capacités considérées dans cette instruction sont :

D'une part, celles des récipients eux-mêmes, le récipient étant alors considéré comme le plus petit volume de stockage susceptible d'être isolé par une vanne ;

D'autre part, celle du plus grand ensemble de récipients reliés entre eux et mis en service simultanément. C'est cette dernière capacité C qui est prise en compte pour le calcul de la distance d'isolement, à l'article 2. Pour les récipients non reliés, C n'est autre que la capacité citée à l'alinéa précédent.

Un dépôt est considéré comme faisant l'objet d'une surveillance continue si, à tout moment, au moins deux personnes qualifiées et formées à cet effet sont présentes dans l'établissement ou usine où il est installé, ce qui permet d'assurer une intervention rapide sur une fuite de chlore mise en service manuelle d'un dispositif d'absorption, fermeture d'une vanne d'isolement, etc.).

Art. 2. — La distance d'isolement séparant le dépôt de chlore des immeubles occupés par des tiers spécifiée par le pétitionnaire est de mètres. Cette distance n'est pas inférieure à la valeur donnée par l'application de la formule (1) ci-après :

Où d est la distance d'isolement exprimée en mètres et comptée à partir du bâtiment où est installé le dépôt, ou, si le bâtiment n'est pas exigé, à partir des récipients eux-mêmes ; Et où C représente la capacité, exprimée en tonnes, du plus important récipient ou ensemble de récipients reliés entre eux et mis en service simultanément, soit tonnes.

Le dépôt de chlore devra être de plus séparé des écoles, des hôpitaux ou de tout établissement destiné à recevoir du public par une distance au moins égale à 2 d ; cette distance ne pourra être inférieure à 20 mètres.

Les cas de figures autres que ceux considérés aux paragraphes 2.1, 2.2 et 2.3 ci-dessous pour le calcul de la distance d sont prescrits.

2.1. Si C est constituée uniquement de récipients d'une capacité inférieure à 0,5 tonne :

$$d = 15\sqrt{C}$$

de plus d ne devra jamais être inférieure à 10 mètres.

2.2. Si C est constituée uniquement de récipients d'une capacité inférieure à 1,5 tonne, l'un au moins d'entre eux ayant une capacité supérieure ou égale à 0,5 tonne :

2.2.1. Si un seul récipient de capacité supérieure ou égale à 0,5 tonne est présent :

2.2.1. a) $d = 15\sqrt{C}$ si le dépôt est équipé d'un dispositif d'absorption du chlore correspondant à la capacité de ce récipient ;

2.2.1. b) $d = 60\sqrt{C}$ si, un tel dispositif étant absent, le dépôt fait l'objet d'une surveillance continue.

2.2.2. Dans les autres cas :

2.2.2. a) $d = 15\sqrt{C}$ si le dépôt est équipé d'un dispositif d'absorption correspondant à la capacité C, ou à celle du plus grand récipient ou ensemble de récipients susceptibles d'être isolés automatiquement par une vanne d'isolement asservie au détecteur de chlore exigé à l'article 9 ;

2.2.2. b) $d = 60\sqrt{C}$ si le dépôt fait l'objet d'une surveillance continue et est équipé d'un dispositif d'absorption dont la capacité, sans correspondre à la capacité C du plus grand ensemble de récipients non isolables automatiquement, correspond cependant à celle du plus grand récipient présent.

2.3. Si l'ensemble de récipients constituant la capacité C comprend au moins un récipient de capacité supérieure ou égale à 1,5 tonne :

2.3.1. $d = 45\sqrt{C}$ si le dépôt fait l'objet d'une surveillance continue et est constitué uniquement de récipients équipés de vannes individuelles de sécurité à commande manuelle et automatique ;

2.3.2. $d = 25\sqrt{C}$ si le dépôt, constitué uniquement de récipients munis de vannes individuelles de sécurité à commande manuelle et automatique, est situé à l'intérieur d'un bâtiment équipé d'un dispositif d'absorption dont la capacité n'est pas inférieure à 10 p. 100 de C avec un minimum de 1,5 tonne de chlore.

Art. 3. — Dans tous les cas où un dispositif d'absorption du chlore est prévu, le dépôt devra être installé dans un bâtiment clos, construit en matériaux résistant au feu, coupe-feu de degré deux heures, et dont les ouvertures seront munies d'un dispositif d'étanchéité. Ces ouvertures devront être fermées en service normal. Un tel dépôt ne sera pas surmonté de locaux habités ou occupés en permanence par des personnes, et ne commandera ni un escalier ni un dégagement quelconque.

Dans les autres cas, le dépôt sera soit installé dans un bâtiment présentant les mêmes caractéristiques sans toutefois qu'il n'y ait soit nécessaire, soit situé à l'extérieur. Dans ce dernier cas, il devra être entièrement clos et la distance entre la clôture et les enceintes devra être au moins égale à 1 mètre.

Art. 4. — Le dépôt devra être éloigné d'au moins 10 mètres (20 mètres si C est supérieur ou égal à 5 tonnes) de la limite de propriété ainsi que des cours d'eau, lignes de chemin de fer parcourues par des trains de voyageurs, routes et voies à grande circulation qui peuvent la traverser.

Art. 5. — Le dépôt devra être éloigné d'au moins 10 mètres (20 mètres si le dépôt n'est pas à l'intérieur d'un bâtiment) :

De toute installation présentant des risques d'incendie ou d'explosion et soumise à la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;

De tout feu nu ;

De tout bâtiment dont les murs, revêtements et ossatures ne seraient pas tous incombustibles.

Toutefois, cette distance pourra être réduite à 5 mètres s'il existe une protection spécifique du dépôt (telle que mur coupe-feu, rideau d'eau, etc.) reconnue efficace par l'inspecteur des installations classées.

Art. 6. — Toutes dispositions devront être prises pour éviter que des véhicules ou des engins quelconques puissent heurter ou endommager le dépôt ou ses installations annexes.

Art. 7. — Chaque récipient ou ensemble de récipients de capacité C tonnes devra être situé sur une ouverture de rétention étanche de capacité au moins égale à 0,8 C mètre cube.

Art. 8. — Chacun des récipients présents dans le dépôt devra rester parfaitement accessible. En particulier dans le cas de cylindres d'une tonne, la distance aux murs et entre cylindres devra être au moins de 0,5 mètre.

Equipement.

Art. 9. — Tout bâtiment contenant un dépôt de chlore pour lequel un dispositif d'absorption est prévu en application de l'article 2 devra être muni d'un système de détection du chlore. En cas de fuite de chlore, le système de détection devra faire fonctionner automatiquement une alarme ; le dispositif de lavage, comportant un système d'aspiration des gaz et une installation d'absorption, sera aussitôt mis en service automatiquement ou manuellement.

Art. 10. — Tout dépôt ne comportant que des bouteilles de chlore sera équipé en permanence d'une cuve de capacité suffisante, contenant une solution alcaline et permettant l'immersion d'un récipient présentant une fuite ; cette cuve sera surmontée d'un dispositif d'attache permettant de réaliser rapidement cette manœuvre. Sa forme devra être telle que le personnel ne puisse être atteint par des projections de soude.

Cette cuve de soude pourra être remplacée par tout autre dispositif présentant des garanties équivalentes.

Art. 11. — L'installation et l'ensemble des matériels présents dans le local de stockage, en particulier le matériel électrique, devront être conçus et réalisés en fonction des risques de corrosion dus à la présence éventuelle de chlore dans l'atmosphère.

Art. 12. — Le dépôt ne recevra que des récipients de chlore conformes à la réglementation des appareils à pression de gaz, tant en ce qui concerne les récipients eux-mêmes que leur charge en chlore.

Art. 13. — Toutes les parties métalliques des récipients devront être protégées contre la corrosion extérieure. Les surfaces devront avoir un pouvoir absorbant faible pour la lumière solaire.

Art. 14. — Si plusieurs récipients sont réunis par des tuyauteries, chacun de ces récipients devra pouvoir être isolé au moyen de robinets. De plus, si des récipients peuvent être reliés en phase liquide, ils doivent l'être également en phase gazeuse.

Art. 15. — Les liaisons entre les récipients et entre les récipients et l'installation d'utilisation devront comporter des parties déformables du fait de leur nature (caoutchouc, alliages convenables, etc.) ou de leur dessin (lyre, cor de chasse, etc.). Ces liaisons devront avoir subi une évaluation d'épreuve au moins égale à celle des récipients.

L'utilisation des tuyaux flexibles est interdite.

Art. 16. — Le dégazage à l'atmosphère des récipients est interdit.

Art. 17. — Le chauffage des récipients mobiles contenant du chlore liquide, s'il est estimé indispensable, sera exécuté de telle façon que le métal des récipients ne puisse jamais être porté à plus de 50 °C, même sur une zone restreinte.

Dispositions diverses.

Art. 18. — Le dépôt devra disposer de masques efficaces contre le chlore et couvrant aussi les yeux. Le personnel devra être familiarisé avec l'usage de ce matériel, qui devra être maintenu en bon état, dans deux endroits appropriés, faciles d'accès et à l'extérieur du dépôt, dans deux directions vers lesquelles le vent souffle le plus rarement et faisant entre elles un angle d'au moins 120°, de façon à rester accessibles en cas de fuite du récipient. De plus, le responsable du dépôt devra disposer, à proximité, d'un équipement lui permettant d'intervenir rapidement en cas de fuite de chlore.

Art. 19. — Un dispositif indiquant la direction du vent devra être installé.

Art. 20. — Les consignes pour le service de l'installation devront être affichées sur le tableau de commande et remises au personnel responsable de l'exploitation. Elles préciseront qu'il est interdit d'effectuer une quelconque intervention dans le dépôt, en particulier de manipuler les réservoirs sans l'accord du responsable et de déposer des matières combustibles (huile, chiffons, etc.) dans le dépôt.

Par ailleurs, un panneau indiquant qu'il s'agit d'un dépôt de chlore et que l'entrée est interdite en dehors des raisons de service devra être installé sur les accès du bâtiment ou dépôt.

Art. 21. — Le dépôt sera entretenu en bon état. Un technicien compétent, nommément désigné, effectuera aussi souvent que nécessaire et au moins une fois par an un contrôle détaillé qui portera en particulier sur l'installation électrique, les dispositifs de détection et d'absorption du chlore, ainsi que sur l'état des liaisons mentionnées à l'article 15. Le compte rendu de ces contrôles sera porté sur un registre qui sera tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées.

Art. 22. — Les consignes pour le cas de sinistre devront être affichées bien en évidence aux principaux postes de travail.

COMMENTAIRES

La présente circulaire s'applique aux dépôts ne comportant que des récipients mobiles, les prescriptions de l'instruction du 24 juillet 1972 devront être appliquées aux dépôts comprenant des récipients mobiles dès lors qu'au moins une enceinte fixe est présente dans l'établissement.

Art. 1^{er}. — Par récipient mobile, on entend un récipient qui est rempli en dehors du lieu où il est déposé ; à partir d'un tel récipient, on ne doit procéder qu'à des soutirages de chlore et non à des transvasements.

En conséquence, des réservoirs de type mobile (cylindre ou conteneur, par exemple) qui seraient utilisés à poste fixe, comme tampon ou comme capacité intermédiaire dans un processus de production, doivent être considérés comme fixes et relèvent donc de l'instruction relative à des stocks.

L'arrêté préfectoral autorisant un dépôt devra imposer la surveillance continue de l'établissement s'il est tenu compte de cette surveillance pour le calcul de la distance d'isolement.

Art. 2. — Si le dépôt de chlore pour lequel la demande d'autorisation a été déposée doit faire l'objet d'une surveillance continue pendant des périodes prolongées (par exemple, dans le cas d'usines tournant à feu continu du lundi au samedi) et si les consignes d'exploitation prévoient formellement que les vannes d'isolement des réservoirs de chlore doivent être fermées à la fin de chacune de ces périodes où la surveillance est continue, l'inspecteur des installations classées exigera, pour ce qui concernera la distance d'isolement et le dispositif de lavage, les plus contraignantes des règles qui doivent être appliquées au dépôt de chlore tel qu'il est en période de surveillance continue (vannes ouvertes) ou tel qu'il est en période d'arrêt (vannes d'isolement fermées, surveillance non continue). Si un seul récipient non muni d'un dispositif d'absorption est en service pendant de telles périodes prolongées on appliquera la formule du 2.2.1 b) pourvu que les consignes d'exploitation prévoient formellement que ses robinets soient fermés lorsque la surveillance cesse.

Pour ce qui est du calcul de la distance d'isolement, le problème des dépôts distincts ne se pose pas dans la mesure où, suivant les définitions données à l'article 1^{er}, les capacités à prendre en cause sont celles de récipients reliés entre eux.

Cependant, une difficulté peut intervenir dans le cas où plusieurs récipients de capacité comprise entre 0,5 et 1,5 tonne seraient en service dans un établissement, chacun d'entre eux étant isolé des autres par une distance importante. Il y aurait lieu de considérer un tel récipient comme formant un dépôt distinct pour le calcul de la distance d'isolement, qui se ferait donc comme indiqué au paragraphe 2.2.1, dès lors qu'une distance supérieure à 50 mètres sépare ce récipient des autres réservoirs de chlore et qu'aucune combustion de chlore ne le relie à eux. L'inspecteur des installations classées pourra cependant ne pas accepter la constitution de tels dépôts distincts si celle-ci apparaît plus être destinée à éviter l'installation d'un dispositif d'absorption qu'à être imposée par des raisons techniques.

Par ailleurs, si un seul récipient de capacité comprise entre 0,5 et 1,5 tonne est en service dans l'établissement, le récipient de réserve non en service ne sera pas pris en considération pour le calcul de la distance d'isolement ; la tour de lavage ne sera donc pas exigée dans ce cas si les conditions de l'article 2.2.1 b) sont respectées, alors que l'application de l'article 2.2.2 la rendrait normalement nécessaire.

Dans tous les autres cas, les récipients non en service seront considérés au même titre que les récipients en service.

Il convient enfin de remarquer que les cas pour lesquels le calcul de la distance n'est pas précisé doivent être considérés comme interdits. Le mode de définition retenu laisse cependant toujours la possibilité, lorsque la distance aux immeubles occupés par des liers l'exige, d'arriver à un cas susceptible d'être autorisé, la sécurité étant alors accrue par les équipements (tour de lavage, vannes d'isolement).

Art. 3. — Lorsque le dépôt est installé dans un bâtiment équipé d'un dispositif d'aspiration et d'absorption du chlore, l'étanchéité des ouvertures peut être assurée par exemple par un joint souple. Il peut arriver que la conception du stockage impose le passage d'un rail de transport dans la partie supérieure du bâtiment. L'étanchéité obtenue à cet endroit ne peut être parfaite, mais la densité élevée du chlore gazeux doit permettre d'accepter des systèmes d'occlusion du type panneaux souples. De plus, il faut préciser que l'étanchéité obtenue doit être simplement suffisante pour permettre la mise en dépression du local par la ventilation forcée.

Lorsque le dépôt n'est pas équipé d'un dispositif d'absorption, l'étanchéité du local ne s'impose plus et une bonne ventilation naturelle est même souhaitable.

L'existence de locaux au-dessus d'un dépôt ne peut être autorisée que si la présence de personnes n'y doit être qu'intermittente ; il peut s'agir ainsi d'un dépôt de pièces détachées, d'un local de préparation de réactifs chimiques ou d'un laboratoire utilisé seulement par moments.

Art. 4. — Dans le cas d'usines de traitement des eaux pratiquant une préchloration sur de l'eau prélevée en rivière, l'éloignement au cours d'eau, augmentant les liaisons, ne va pas formellement dans le sens d'une plus grande sécurité. L'inspecteur des installations classées pourra donc accepter que la distance au cours d'eau soit réduite à 5 mètres (10 mètres si C est supérieur ou égal à 5 tonnes).

Art. 5. — L'éloignement par rapport aux feux nus est demandé pour tenir compte des installations de combustion qui, autrement, pourraient être prévues à proximité immédiate du dépôt de chlore.

Art. 9. — 1. La mise en service automatique du dispositif d'aspiration et d'absorption peut ne pas être rendue obligatoire si le dépôt fait l'objet d'une surveillance continue permettant d'assurer, de manière certaine, sa mise en service manuelle. Dans ce cas, la commande de mise en service devra pouvoir être actionnée de l'extérieur du dépôt.

2. Le dimensionnement du dispositif de traitement des émissions accidentelles de chlore est fonction de deux paramètres principaux :

D'une part, le débit instantané maximum de fuite, qui conditionne le dimensionnement de la tour de neutralisation et du dispositif d'aspiration ;

D'autre part, la quantité maximum de chlore à absorber d'où découle la quantité de réactif dont il faut disposer.

Pour un dépôt donné, ces paramètres dépendent du mode de prélèvement du chlore, en phase liquide ou en phase gazeuse.

Dans le cas des cylindres d'une tonne de chlore, soit 0,8 mètre cube, les plus courants, le groupe de travail chargé de préparer la présente instruction a retenu pour les paramètres ci-dessus les valeurs suivantes fondées sur un accident au niveau du robinet du cylindre (diamètre de l'orifice : 8 mm) :

POUR UN CYLINDRE de 1 tonne de chlore.	PRÉLEVEMENT en phase liquide.	PRÉLEVEMENT en phase gazeuse.
Quantité globale de chlore à absorber.	1 000 kg.	300 kg si surveillance continue. 1 000 kg si pas de surveillance continue.
Débit instantané maximum à absorber.	85 kg/minute.	7 kg/minute.

Dans le cas de plusieurs récipients reliés entre eux, on tiendra compte des quantités ci-dessus et des possibilités d'isolement des cylindres par vanne automatique, ou liées à la surveillance continue. Pour plusieurs cylindres isolés ou isolables dans ces conditions, le dimensionnement du dispositif d'absorption sera ainsi basé sur un seul cylindre.

3. Dans le cas de dépôts situés à l'extérieur, l'inspecteur des installations classées pourra, si l'environnement du dépôt l'exige, demander qu'un système de détection de chlore soit installé à proximité du dépôt à un emplacement judicieusement choisi, en particulier en fonction des obstacles présents et de la direction privilégiée des vents. Dans ce cas, le détecteur devra actionner une alarme sonore sur place et en salle de contrôle.

Art. 11. — Il convient d'observer que le matériel antidéflagrant, qui n'a pas de raison d'être imposé ici, ne répond pas en général au critère de résistance à la corrosion par le chlore gazeux.

Art. 12. — Il va de soi que les récipients reçus doivent être conformes aux autres réglementations qui peuvent les concerner (transports, étiquetage, etc.).

Art. 15. — L'installation d'utilisation doit être considérée comme commençant au détendeur ou chloromètre.

Art. 17. — La température de 50 °C fixée comme limite correspond à la température de calcul des récipients de chlore. Il faut signaler que, outre le risque de surpression, des problèmes de corrosion du métal par le chlore peuvent intervenir à une température supérieure, ce qui explique l'exigence de ne pas dépasser la limite de 50 °C, même sur une zone restreinte.

On préférera au chauffage direct le chauffage du local lui-même ou l'utilisation de la convection d'air chaud en provenance de tubes à ailettes disposés à distance.

Art. 18. — Les masques à cartouche, en général suffisants pour s'échapper d'une zone touchée par un dégagement de chlore, ne permettent pas une intervention sur la fuite. Le responsable du dépôt disposera donc au moins d'un masque autonome et de vêtements protecteurs (bottes, tabliers et gants).

(1) Indiquer l'alinéa concerné (2.1, 2.2.1 a), etc.).



DESCRIPTION DE L'USINE

- Débit horaire : 100 m³/h
- Temps de fonctionnement journalier moyen : 20 h
- chloration au chlore gazeux
- Préchloration au point critique / Teneur en ammoniacale : 0,3 mg/l
- Teneur en chlore nécessaire avant départ dans le réseau : 0,5 mg/l

EXPLOITATION

1. Vous voulez réaliser un essai de point critique pour déterminer le taux de préchloration. Vous disposez pour cela d'eau de Javel (dosage iodométrique : 11 ml de Na₂S₂O₃). Décrivez le mode opératoire choisi.
2. Le point critique est de 2,5 g/m³. Estimez la consommation prévisionnelle de chlore.
3. Une rechloration est effectuée sur le réseau à l'aide d'eau de Javel pour augmenter la teneur en chlore de 0,1 à 0,5 mg/l. Le volume traité est de l'ordre de 200 m³/jour. Estimez la consommation prévisionnelle d'eau de Javel.



REPONSES AU TEST

La consommation d'eau de javel est donc de 0,5 l par jour.

bonne gestion des approvisionnements, rotation satisfaisante des stocks et une chloration à condition de respecter une

L'eau de javel utilisée contient 150 g de chloration, à condition de respecter une

3. Il faut apporter 0,4 mg/l (0,4 g/m³). La consommation de javel sera donc de : 0,4 x 200 = 80 g/jour (exprimée en

norme de l'ordre de 8 jours. Un tube à chloration aura donc une auto-rotation de 8 jours.

• **Consommation journalière de chloration :** 3 x 2.000 = 6 kg/jour.

• **Volume d'eau traitée :** 2.000 m³/jour. Total : 3 mg/l = 3 g/m³.

2. • **Consommation de chloration :** Pêcheur : 2,5 mg/l. Désinfection : 0,5 mg/l (résidu sous-halé) + 0,2 mg/l (consommation estimée dans le réservoir de contact final : est-

Mesure par iodométrique après 2 h de temps de contact à l'abri de la lumière.

Chlore total (mg/l) | Javel (ml) | Dose de chloration (mg/l)

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7

La série d'essais sera donc :

d'eau. Ce volume est trop faible pour être dosé avec suffisamment de précision ; une dilution par 100 (solution qui a servi au dosage de la javel) conduira à un volume de 2,2 ml, beaucoup plus adapté

aux moyens disponibles sur une usine

Volume de javel : 0,022 ml. Concentration javel : 110 g/l

Volume de l'échantillon : 1 l. Dose choisie : 2,4 mg/l

Exemple : Concentration de la solution d'eau de javel (g/l) Dose choisie (mg/l) x Volume de l'échantillon (l)

La quantité à injecter dans les échantillons d'eau à analyser est donc :

110 g/l pour la solution concentrée. L'eau de javel disponible titre 111 mg de Na₂O₂, soit, si l'analyse a été réalisée correctement, une teneur de l'ordre de 110 g/l pour la solution concentrée.

1. **Détermination du point critique :** Teneur en ammoniacale : 0,3 mg/l, ce qui, en première approximation, devra conduire à une consommation de chloration de l'ordre de 0,3 x 8 = 2,4 mg/l (ratio moyen NH₄/Cl₂).



12 LEXIQUE

QUALITE DES EAUX EAU POTABLE

La qualité de l'eau potable est définie à partir de la méthode des germes-test de contamination fécale :

Paramètres microbiologiques (décret n° 89.3 du 3 janvier 1989)

Organismes pathogènes ou germes-test	Concentration maximale
Salmonelles	0/5 litre d'eau prélevée
Staphylocoques pathogènes	0/100 ml d'eau prélevée
Entérovirus	0/1 volume ramené à 10 l d'eau prélevée
Coliformes fécaux	0/100 ml d'eau prélevée (dans 95 % des cas)
Coliformes totaux	0/100 ml d'eau prélevée
Streptocoques fécaux	0/100 ml d'eau prélevée
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i> (spore)	1/20 ml d'eau prélevée
Bactéries revivifiables à 37°C (après 24 h)	• 20/ml d'eau prélevée (*)
Bactéries revivifiables à 22°C (après 72 h)	• 100/ml d'eau prélevée (*)

* Eau conditionnée. Analyse à effectuer dans les 12 heures suivant le conditionnement.

EAUX DE BAINADE

La surveillance sanitaire du milieu repose sur la technique des germes-test de contamination fécale. Par exemple, on considère qu'une eau utilisée pour la baignade ne présente pas de risques sanitaires lorsqu'on y dénombre moins de 200 coliformes fécaux et 1 000 coliformes totaux dans 100 ml dans 95 % des cas et moins de 100 coliformes fécaux et 500 coliformes totaux dans 100 ml, dans 80 % de cas (Directives CEE - 1976).

EAUX DE PISCINE

Dans l'utilisation des piscines (notamment les piscines publiques), l'eau des bassins doit présenter les caractéristiques suivantes :

- transparence : la qualité de l'eau doit permettre de voir les lignes de nage tracées au fond du grand bain ou un repère de 0,3 m de côté au plus profond du bassin ;
- turbidité : au plus égale à 0,4 NTU ;
- matières organiques : moins de 4 mg/l O₂ cédé par KMnO₄ en milieu alcalin en plus de l'oxydabilité de l'eau d'appoint ;
- pH compris entre 7,2 et 7,7 en cas de traitement au chlore, et 7,2 et 8,2 en cas de traitement au brome ;
- cette eau ne doit pas être irritante ni contenir de substances toxiques ou indésirables susceptibles de nuire aux usagers, ni contenir de germes pathogènes ;
- certains éléments bactériologiques sont admissibles dans les limites ci-après :
 - coliformes totaux : moins de 10 dans 100 ml ;
 - streptocoques fécaux : moins de 5 dans 100 ml ;
 - staphylocoques : 0 dans 100 ml.

13 INDEX

Chloromètre à dépression	24
Tube à chlore	22
Tank à chlore	22, 23
Hydro-éjecteur	24
Matériaux	31
Protection	21, 30
Hypochlorites	19
Analyses	32
Chlore combiné	11
Chlore libre	11
Chloramines	10, 11
Doseurs	19, 24
Détection des fuites	26, 31
Temps de contact	16, 17
Piscines	17, 39
Soutirage	25, 28

Ce cahier technique a bénéficié de la collaboration de M. I. MAKANGA.

CIR

**B.P. 11. 95470. FOSSES.
près de l'Aéroport de Roissy
Tél: (1) 34.68.62.62
Télex: 605 901 CIRCHIM F
Tlc: (1) 34.68.42.62**



CIR, Chimie Industrie Représentation, est une Société Anonyme au capital de 3.288.000 ff, indépendante de tout groupe.

Sa division Eaux a, depuis 1984, pris en charge la promotion des chloromètres REGAL et des pompes doseuses ETATRON.

De formation technique, c'est une équipe de 15 personnes qui, maintenant contribue avec efforts et résultats au développement des équipements de CIR.

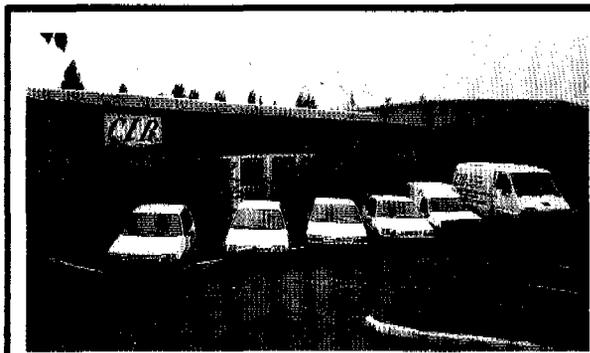
Au contact permanent des sociétés d'affermage, des installateurs, des directions de l'agriculture, de l'équipement et des bureaux d'études, la CIR a par sa présence sur le terrain, mis au point, modifié ou conçu des ensembles répondant aux besoins spécifiques des professionnels.

Nombreux sont ceux qui, parmi nos clients, se retrouveront dans ces lignes pour s'être investis à déterminer les objectifs ou émettre des critiques constructives qui ont fait naître, entre autres, les CHLOROBLOC, CIRAUTONOME, ARMOIRE d'extérieur, JAYELPACK, etc..

En qualité de spécialiste de la chloration, la CIR a répondu "présent" sans hésitation, pour participer et s'investir dans ce document.

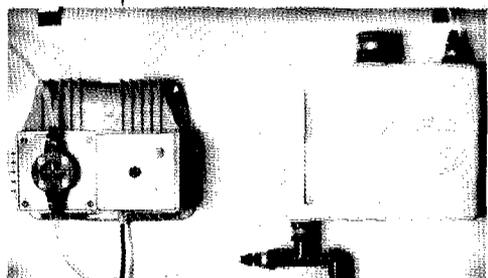
Nous remercions la "Fondation de l'eau" de nous avoir choisi comme coéquipier, et avons apprécié l'efficacité et la précision de cette équipe de professionnels.

La CIR est à la disposition des lecteurs pour répondre à leurs questions et les faire bénéficier de l'expérience acquise maintenant sur plus de 800 sites.



APPLICATIONS:

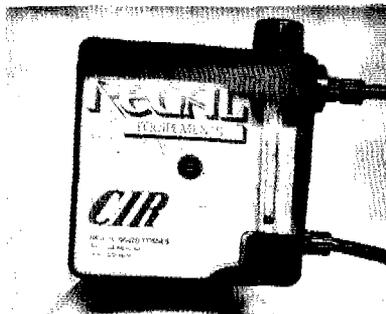
**EAUX POTABLES EN PRE ET
POST CHLORATION.
DESTRUCTION D'AMMONIAC.
TRAITEMENT TERTIAIRE
D'EAUX USEES.
DESINFECTION D'EAUX DE
PISCINE.
COQUILLAGES/JUS COLORES**



JAVELPACK (photo CIR)

REGULATION ANALYSEURS

**Analyseur de chlore libre
et/ ou total.
Contrôleur de résiduel de chlore
sur réseau.
Yanne modulante pour chlore gazeux.
Régulation en fonction du débit d'eau
et/ou du résiduel de chlore.
Réglage du débit de chlore ou du taux
d'injection par télégestion.
Enregistrement de résiduel sur bande.**

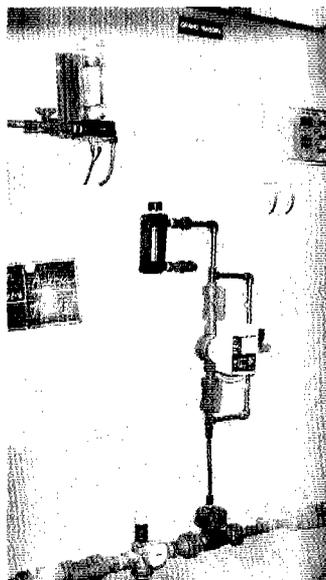


CHLOROMETRES

**Chloromètres sous vide
Injection en surpression
ou à la crépine.
Systèmes d'inversion
automatiques
électriques ou mécaniques.
Connections sur bouteille
ou Tank
Débit 0-25 à 0-10000 g/h**

POMPES DOSEUSES

**Electromagnétiques, clapets souples
à réglage manuel, double échelle
injection proportionnelle à signal débit
Désinfection en javel pur ou dilué
Rectification de pH
Pompe en 12 v /batterie et panneau solaire**



REGULATION AVEC ANALYSE (photo CIR)

ACCESSOIRES

**Détecteur de fuite
à 1 ou 2 sondes**

**Coffret de proportion
nalité.**

**Armoire d'extérieur
3 bouteilles**

**Panneau d'injection
prémonté**

SERIE BLEUE	SERIE VERTE	N°	TITRES	DISPONIBLES AUPRES DE	PRIX
<p>1 LES POMPES CENTRIFUGES Entretien et maintenance.</p> <p>2 Techniques et méthodes de RECHERCHE ET DETECTION DES FUITES dans les réseaux d'adduction d'eau.</p> <p>3 L'utilisation des REACTIFS DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE et le contrôle de leur mise en œuvre.</p> <p>4 Utilisation et entretien des INSTRUMENTS DE MESURE dans le contrôle de la qualité des eaux.</p> <p>5 La distribution de l'eau potable : LE COMPTAGE.</p> <p>6 LA ROBINETTERIE Choix - Mise en œuvre - Entretien.</p> <p>7 RESEAUX D'ASSAINISSEMENT Conception - Réception - Entretien - Réhabilitation.</p> <p>8 Eaux usées urbaines : NITRIFICATION DENITRIFICATION DEPHOSPHATATION : Contraintes d'exploitation.</p>	<p>9 L'OZONATION DES EAUX Principe, exploitation et maintenance des installations.</p> <p>10 LA CHLORATION DES EAUX Principe, exploitation et maintenance des installations</p> <p>A PARAITRE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • TELEGESTION des réseaux. • POMPES à motricité humaine 	2	Techniques et économie de l'épuration des eaux résiduaires (1979)	Centre de Documentation de l'eau 14, boulevard du Général-Leclerc 92524 Neuilly-sur-Seine Cedex	Gratuit
		3	Elimination des déchets des ménages (1979)	ANRED 2, square Lafayette - B.P. 406 49004 Angers Cedex	15 F.
		5	Assainissement individuel (1981)	AFB	25 F.
		6	La décharge contrôlée de résidus urbains (1981)	ANRED ou Mission administrative.	20 F.
		7	La valorisation agricole des boues de stations d'épuration (1982)	ANRED	20 F.
		8	Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets industriels (1984)	ANRED ou Mission administrative	50 F.
		12	L'analyse et la caractérisation des déchets industriels (1984)	ANRED ou Mission administrative	40 F.
		13	La collecte sélective des ordures ménagères (1984)	ANRED ou Mission administrative	50 F.
		14	L'entretien des cours d'eau (1984)	AFB ou Mission administrative	50 F.
		15	Les odeurs et les nuisances olfactives (1984)	CITEPA ou Mission administrative 3, rue Henri-Heine, 75016 Paris Tél. 45.27.12.88	50 F.
16	L'élevage porcin et l'environnement (1984)	CITEPA	30 F.		
17	Modes de traitement des matières de vidange domestique (1985)	ANRED	40 F.		
18	Traitements de surface : dépollution à la source (1985)	AFB (Loire-Bretagne)	70 F.		
19	Système de gestion du service d'élimination des déchets des ménages (1986)	ANRED	—		
20	Traitement de surface : méthodes d'analyse des effluents aqueux	CÉTIM - Service de diffusion 52, rue Félix-Louat, 60304 Senlis Tél. 44.58.32.66	70 F.		
21	Les techniques propres dans l'industrie	ADIFE 14, boulevard du Général-Leclerc 92524 Neuilly-sur-Seine	180 F.		

Les numéros 1 et 4, épuisés, sont en consultation au Centre de Documentation des Déchets.

10 CHLORATION DES EAUX
Principe,
Exploitation
et maintenance des installations.

Edité par : **SEDA**, B.P. 1516, 87021 Limoges Cedex.
Tél. 55.38.48.48.

Réalisé avec le concours de :
Gilles NEVEU, Fondation de l'Eau, **François MOCQUART**, CIR.
Jean-Claude CHAZELON, Communication Graphisme, Limoges.