



RÉPUBLIQUE D'HAÏTI  
**DINEPA**

Direction Nationale  
de l'Eau Potable  
et de l'Assainissement

## FICHE TECHNIQUE

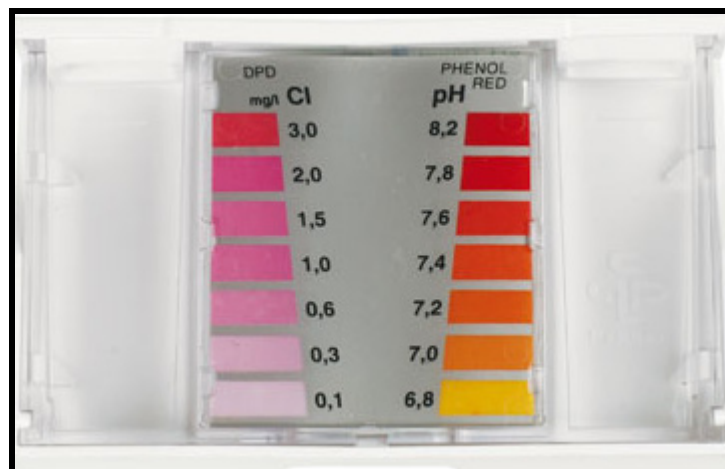
### Fabrication de solutions chlorées et chloration

Code : 1.2.2 FIT 2

Date de rédaction : mercredi 30 mai 2012

Version : 12 septembre 2013

Version finale



## Note aux lecteurs

Les prescriptions techniques générales s'appliquent aux opérations à réaliser en Haïti et relevant du champ de compétence de la Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DINEPA). Elles constituent un référentiel, certaines à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle, d'autres ayant un rôle d'information et de support complémentaire.

Les documents à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle sont :

- **Les Fascicules Techniques** indiquant les principes obligatoires et les prescriptions communes à une sous thématique technique ;
- **Les Directives Techniques** prescrivant les règles minimales imposées pour la conception et la réalisation ainsi que la gestion d'ouvrages spécifiques.

Tout propriétaire et/ou réalisateur est tenu de respecter au minimum les prescriptions qui y sont indiquées. Toute dérogation devra faire l'objet d'une autorisation au préalable et par écrit de la DINEPA.

Les documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire, sont :

- Les fiches techniques et Guides techniques présentant ou décrivant des ouvrages ou des actions dans les différentes thématiques ;
- Les modèles de règlements d'exploitation ou de gestion ;
- Les modèles de cahiers des clauses techniques particulières, utilisables comme « cadres - type » pour les maîtres d'ouvrages et concepteurs ;
- Divers types de modèles de documents tels que procès verbaux des phases de projet, modèles de contrat ou de règlement, contrôle de bonne exécution des ouvrages, etc.

Ces documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire sont compatibles avec la réglementation imposée et peuvent préciser la compréhension des techniques ou fournir des aides aux acteurs.

Le présent référentiel technique a été élaboré en 2012 et 2013 sous l'égide de la DINEPA, par l'Office International de l'Eau (OIEau), grâce à un financement de l'UNICEF.

Dépôt légal 13-11-459 Novembre 2013. ISBN 13- 978-99970-51-18-9.

Toute reproduction, utilisation totale ou partielle d'un document doit être accompagnée des références de la source par la mention suivante : *par exemple* « extrait du référentiel technique national EPA, République d'Haïti : *Fascicule technique/directives techniques/etc. 2.5.1 DIT1* (projet DINEPA-OIEau-UNICEF 2012/2013) »

## Sommaire

<b>1. Note préliminaire .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Chlore .....</b>	<b>4</b>
2.1. Recommandations OMS .....	4
2.2. Précautions d'usage.....	5
2.3. Chlore total et chlore résiduel : définitions .....	5
<b>3. Fabrication de solutions de chlore .....</b>	<b>6</b>
3.1. Equipements de protection individuelle (EPI).....	6
3.2. Solutions à base d'hypochlorite de calcium .....	6
3.3. Préparation de solutions chlorées à partir d'hypochlorite de calcium ou à partir d'eau de Javel	6
3.4. Préparation de solution chlorée à l'aide d'une électrode.....	7
<b>4. Chloration.....</b>	<b>7</b>
4.1. Détermination d'un taux de traitement in situ .....	7
4.2. Exemple de dosage.....	9
4.3. Méthode de calcul du dosage pour le chlore liquide .....	9
4.4. Méthode de calcul du dosage pour le chlore solide .....	9
4.5. Poste de chloration.....	10
<b>5. Sources.....</b>	<b>10</b>
<b>6. Lexique .....</b>	<b>10</b>

## 1. Note préliminaire

L'eau est une ressource vitale, qui doit donc rester suffisamment saine pour qu'elle soit consommable. Elle devra donc souvent être traitée pour être rendue potable, et ceci pourra se faire dans certains cas via la chloration. Les taux de chlore nécessaires demandent souvent de préparer des solutions bien précises, c'est le but de la présente fiche.

## 2. Chlore

Le chlore est un agent désinfectant d'une très grande disponibilité et d'une grande simplicité d'utilisation. Il détruit efficacement et rapidement les virus, les bactéries et autres micro-organismes, ainsi que les champignons et amibes (mais pas les kystes ou parasites). Il a cependant l'inconvénient de créer des composés chlorés indésirables, tels que les chloramines.

Après son application, il continue à désinfecter l'eau, il a donc un effet rémanent. Il ne nécessite pas de source d'énergie supplémentaire pour désinfecter (contrairement aux ultraviolets ou à l'ozone), et est relativement bon marché.

C'est le moyen de traitement incontournable en période de choléra. Il peut être utilisé pour la désinfection de locaux ou de matériels, pour l'hygiène corporelle ou pour le traitement de l'eau de boisson.

On peut le trouver sous forme solide (hypochlorite de calcium ou HTH), sous forme liquide (eau de Javel), en solutions de chlore plus faiblement dosées pour un usage familial ou en solutions fabriquées localement (par dilution ou avec une électrode). La forme solide, stockée à l'abri de la lumière, se conservera très bien (2 % de perte par an environ). La forme liquide, si elle est peu concentrée, a une stabilité limitée dépendant des conditions de stockage (à l'abri du soleil et de la chaleur) et de l'ajout d'hydroxyde de sodium.

### 2.1. *Recommandations OMS*

Conditions normales de chloration (permettant un abaissement de 99 % de la concentration en bactéries telles que *Escherichia coli*) :

- temps de contact du chlore avant utilisation de l'eau traitée de 30 minutes
- pH de l'eau brute inférieur à 8
- turbidité de l'eau traitée inférieure à 5 NTU

Lorsque la turbidité se situe entre 5 NTU et 30 NTU, l'eau est turbide, elle doit être traitée par filtration et/ou décantation avant de subir une désinfection.

Lorsque l'eau est fortement turbide (NTU > 30), un traitement par décantation doit être effectué, puis suivi par une filtration, et une désinfection. Si elles ne sont pas possibles, il est recommandé de rechercher une nouvelle source d'eau.

## 2.2. Précautions d'usage

Pour une forme solide de chlore (HTH, hypochlorite de calcium) en poudre, il faut porter des gants, un masque, et des lunettes de protection pour toute manipulation, que ce soit pour l'utilisateur ou le producteur. Dans le cas de tablettes, des gants de protection sont nécessaires.

Le chlore en solution concentrée peut causer des brûlures, en particulier des risques de brûlure irréversible aux yeux. **Le port de gants et de lunettes de protection est obligatoire.**

La préparation ou le stockage ne doivent JAMAIS se faire dans un récipient métallique, cela inactive le chlore. Dans tous les cas, le lieu de préparation ou de stockage doit être bien ventilé, à l'abri du soleil, de la chaleur, et le récipient doit être bien fermé et identifié.

Il ne faut pas mélanger de l'eau contenant du chlore et du savon : cela entraîne le dégagement de gaz toxiques, et l'inactivation du chlore.

L'eau à traiter doit **impérativement avoir une turbidité inférieure à 5 NTU** (idéalement, inférieure à 1 UNT) et avoir un pH inférieur à 8. Cette mesure du pH doit être effectuée lors de l'établissement d'un point d'eau, et une fois par an au minimum, par pHmètre ou bandelettes. Si l'eau est trouble, il conviendra de la filtrer.

Tout récipient contenant du chlore doit être clairement identifié avec un feutre et une étiquette bien visible. On doit y indiquer :

- ✚ Concentration : Solution de chlore [A (2%) ou B (0,2%) ou C (0,05%), ou autre concentration fabriquée localement]
- ✚ Mode d'utilisation
- ✚ Une inscription d'avertissement en créole et en français : « Atansyon klowoks !, li pa pou bwè , pa kite timoun kanpe pre li ». « Attention, chlore ! Ne pas boire, ne pas laisser à portée des enfants »
- ✚ La date de fabrication de la solution de chlore ainsi que la date d'expiration
- ✚ Y ajouter l'image suivante, symbole clair pour les non lecteurs :



## 2.3. Chlore total et chlore résiduel : définitions

Le chlore est utilisé généralement sous forme de solution de  $\text{OCl}^-$  et de  $\text{HOCl}$  en concentrations diverses.. Lorsqu'il est en contact avec la matière organique – la pollution bactérienne par exemple – il réagit et forme des composés dits organochlorés – matière organique/chlore. On parlera alors de chlore lié, c'est-à-dire chlore présent dans l'eau mais qui n'est plus efficace pour la désinfection.

Le chlore non dégradé, reste disponible pour la désinfection, on parlera donc de chlore libre.

Le chlore total est la somme des deux puisqu'il représente la totalité du chlore présent dans l'eau traitée. On peut donc dire : **Chlore Total = Chlore libre + chlore lié**

Le chlore libre est également appelé chlore résiduel. Le chlore résiduel permet de déterminer s'il y a suffisamment de chlore pour la désinfection de l'eau.

### 3. Fabrication de solutions de chlore

#### 3.1. Equipements de protection individuelle (EPI)

Comme mentionné plus haut, les risques de brûlure des yeux ou des mains sont très importants, il faut donc à tout moment porter des gants et des lunettes de protection. Il faudra également travailler dans un local bien ventilé.

Il faut avoir à disposition de l'eau en grande quantité pour rincer d'éventuelles brûlures au chlore.

#### 3.2. Solutions à base d'hypochlorite de calcium

L'hypochlorite de calcium (connu sous le nom HTH en Haïti) est un produit solide sous forme de granulés blanchâtres généralement à 65 % de chlore actif. C'est un produit qui se conserve bien (perte de 2% par an) dans un récipient non métallique, hermétique, à l'abri de la lumière et de la chaleur, et qui est très corrosif.

Les quantités pour la fabrication de différentes solutions à différentes concentrations sont présentées dans le paragraphe 3.3, sur la préparation des solutions chlorées.

La préparation de solutions chlorées doit se faire suivant un protocole très strict et surtout en respectant le port des équipements de protection individuelle (EPI).

Les solutions de chlore préparées à partir d'hypochlorite de calcium produisent un résidu solide qu'il convient d'éliminer en la filtrant, par décantation ou en l'évacuant régulièrement. On peut utiliser un linge blanc et propre pour filtrer la solution.

#### 3.3. Préparation de solutions chlorées à partir d'hypochlorite de calcium ou à partir d'eau de Javel

- ✚ Préparation de **1 litre** de solution de Chlore à **2%** (solution A fortement concentrée pour désinfecter les selles et les vomissements en cas de choléra par exemple).

Source de Chlore	% Chlore disponible	Quantité requise	Mesure approximative
JIF ou Chlorox	4	0.5 L	2 cups en plastique bien pleins
Hypochlorite de calcium (HTH)	65	30,8 g	4 cuillères en plastique rase

- ✚ Préparation de **10 litres** de solution de Chlore à **0,2%** (solution B pour la désinfection des surfaces et du matériel, ou des sources d'eau)

Source de Chlore	% Chlore disponible	Quantité requise	Mesure approximative
Eau de Javel (JIF ou Chlorox)	4	0.5 L	2 cups en plastique bien pleins
Hypochlorite de calcium (HTH)	65	30,8 g	4 cuillères en plastique rases

- ✚ Préparation de **20 litres** (1 Bokit) de solution de Chlore à **0,05%** (solution C pour le lavage des mains, des vêtements, de la vaisselle...)

Source de Chlore	% Chlore disponible	Quantité requise	Mesure approximative
Eau de Javel (JIF ou Chlorox)	4	0,25 L	1 cups en plastique bien plein
Hypochlorite de calcium (HTH)	65	15,4 g	2 cuillères en plastique rases

### 3.4. Préparation de solution chlorée à l'aide d'une électrode

La préparation d'une solution chlorée à l'aide d'une électrode, d'une solution de saumure (eau et sel), et d'un courant électrique, est relativement simple à mettre en œuvre localement, même avec un accès réduit à une source d'électricité (panneau solaire ou batterie de voiture suffisants).

La *Recommandation de la DINEPA sur l'utilisation du chlore produit par électrolyse avec les appareils WATA* (Janvier 2012) précise que, la production de chlore avec des électrodes est une technique prometteuse, mais la technologie, telle qu'actuellement développée, ne respecte pas les standards de qualité, particulièrement sur le point de la stabilité du chlore produit. **La distribution/vente de ce chlore par contenant individuel au niveau de la communauté est interdite.** Toutefois, la DINEPA autorise l'utilisation du chlore produit par électrolyse au niveau des points d'eau ou infrastructures comme les écoles, centres de santé et kiosques. Le chlore de 0,6 % ainsi produit doit être utilisé impérativement dans un **maximum de 7 jours après sa production.**

Les électrodes actuellement produisent 1 litre de solution de chlore à 0,6% par cycle de production. Ce chlore peut s'utiliser comme suit :

- 6 mL de chlore à 0,6% (bouchon doseur) pour 20 litres ou 5 gallons d'eau
- 1 L de chlore à 0,6% pour un tank de 1 000 gallons.

Le chlore produit peut être stabilisé par l'hydroxyde de sodium mais la manipulation de ce produit est très délicate et est donc réservée aux organismes, firmes ou agences expérimentées et ayant fait leurs preuves dans ce domaine.

La DINEPA interdit l'utilisation d'hydroxyde de sodium pour la stabilisation du chlore liquide par les particuliers, en revanche ces solutions peuvent être produites et utilisées par un personnel qualifié et équipé du matériel de protection adéquat.

## 4. Chloration

Rappels sur les concentrations :

1 % de chlore actif	=	10g / L
0.1 %	=	1 g / L
0.01 %	=	0.1 g / L
0.001 %	=	0.01 g / L (10 mg/L)
0.0001 %	=	0.001 g/ L (1 mg/L)

### 4.1. Détermination d'un taux de traitement in situ

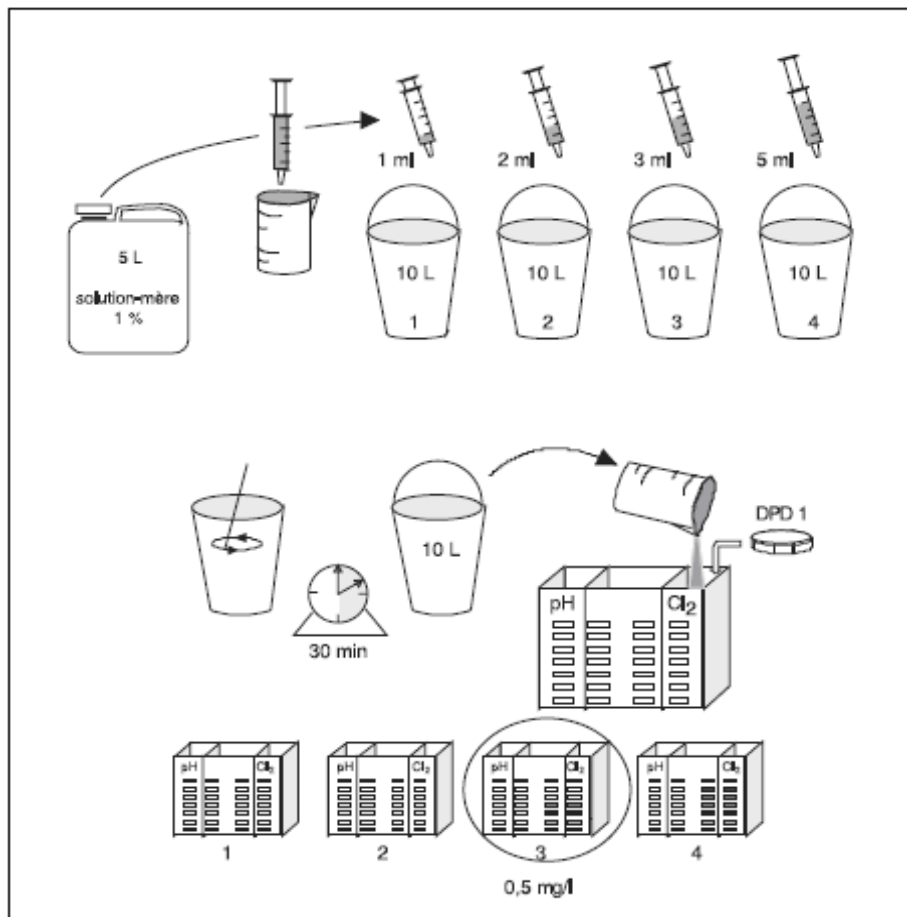
Afin de choisir un traitement par des réactifs, comme le chlore, il sera souvent plus pratique et efficace de tester le traitement in situ pour choisir le bon dosage, que de recourir à des analyses coûteuses et pas nécessairement fiables si les conditions de transport ne sont pas conformes.

**NB :** deux méthodes dites « jar test » existent et ne doivent pas être confondues. L'une permet de mesurer la décantabilité des boues d'assainissement et concerne les eaux usées, la seconde, que nous développons ici, concerne le dosage de réactifs de traitement de l'eau potable, par exemple le chlore, un coagulant, un flocculant.

L'exemple suivant est la mesure de la quantité de chlore à introduire dans une eau brute pour la désinfection. Il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai tous les jours. En revanche, la mesure du chlore résiduel libre doit être faite impérativement après chaque chloration.

Le test est mené de la manière suivante, pour cet exemple la solution servant à traiter l'eau est une solution à 1% de chlore actif, dont le volume injecté est plus important dans chacun des seaux :

- ✚ remplir 4 bokit avec chacun 10 L d'eau à traiter
- ✚ ajouter dans les seaux des volumes croissants de solution mère de chlore utilisée pour le traitement avec une seringue, de façon à encadrer les doses usuelles de 1 à 5 mg de chlore actif par litre d'eau. Par exemple :
  - seau 1 : 1 mL de la solution mère à 1 % est injecté dans le seau de 10 L, soit 10 mg de chlore dans 10 L d'eau, c'est-à-dire une concentration de chlore de 1 mg/L obtenue dans le seau
  - seau 2 : 2 mL de solution mère, soit une concentration de chlore de 2 mg/L
  - seau 3 : 3 mL de solution mère, soit une concentration de chlore de 3 mg/L
  - seau 4 : 5 mL de solution mère, soit une concentration de chlore de 5 mg/L
- ✚ remuer vigoureusement et laisser agir 30 min
- ✚ mesurer le chlore résiduel libre et choisir comme référence la dose permettant d'obtenir entre 0,5 et 1 mg/L de chlore résiduel libre.



**Figure 1 : Méthode du jar test au chlore**

(Source : Action Contre La Faim, (2007), *Eau Assainissement Hygiène pour les populations à risque*)



#### 4.2. Exemple de dosage

Pour cet exemple, on a déterminé un dosage de chlore à obtenir dans l'eau à traiter de 5 mg/L, soit 0,0005%. On utilise soit une solution mère à 2% de chlore actif (solution A), soit du HTH pour l'obtenir.

Volume d'eau à désinfecter (L)	Quantité de solution à 2% (solution A) (mL) à ajouter à l'eau avant agitation	Quantité d' HTH 65% requise (g)
10	2.5 (environ 13 gouttes)	0.08
100	25 (0.1 cup ou 125 gouttes)	0.77
1,000	250 (1 cup)	7.7
10,000	2500 (10 cups)	77

Cela correspond environ à 13 gouttes (5 gouttes pour 1 mL) de solution à 2 % pour 10 litres d'eau à traiter, soit 1.3 goutte pour 1 litre. Comme on ne peut pas mettre de demi-goutte, si l'on ne doit traiter qu'un litre d'eau, on arrondit à l'entier supérieur, on mettra donc 2 gouttes de solution A.

#### 4.3. Méthode de calcul du dosage pour le chlore liquide

Pour choisir un dosage de chlore à partir d'une solution mère de chlore de concentration  $C_m$  (exprimé en % de chlore actif), on peut utiliser la relation suivante :

$$C_f \times V_f = C_m \times V_m$$

Avec

$C_f$  : la concentration de la solution fille (ici la concentration que l'on veut avoir dans notre eau à traiter)

$V_f$  : le volume de la solution fille (le volume d'eau à traiter)

$C_m$  : la concentration de la solution mère de chlore

$V_m$  : le volume de solution mère à ajouter.

La concentration finale et la concentration de solution mère devront avoir la même unité, si une concentration est exprimée en % de chlore actif, toutes les concentrations doivent s'exprimer en % (idem si exprimé en mg/L).

Le volume de solution mère et le volume de solution finale devront être exprimés dans la même unité (si l'une est en mL l'autre doit l'être également, par exemple).

Pour l'exemple ci-dessus, la solution mère est à 2% de concentration, on souhaite obtenir une concentration dans l'eau à traiter de 5 mg/L, soit 0,0005%. Pour traiter 10 L d'eau on aura donc besoin d'un volume de solution mère de :

$$V_m = (C_f \times V_f) / C_m = (0,0005 \times 10) / 2 = 0,0025 \text{ L ou } 2,5 \text{ mL}$$

#### 4.4. Méthode de calcul du dosage pour le chlore solide

Pour choisir un dosage de chlore à partir de chlore solide de concentration  $C$ , exprimé en % sur le packaging du récipient de chlore, par exemple 65% de pureté du produit, on peut utiliser la relation suivante :

$$X = Y \times N \times (100 / C)$$

Où :

X désigne la quantité de chlore solide à ajouter par litre de solution à fabriquer, en g/L

Y est la concentration souhaitée de la solution fabriquée en %

N = 10 g/L représente la quantité nécessaire pour faire 1 L de solution mère à 1% si on utilisait du produit pur à 100%

C désigne la pureté du produit, exprimé sur le packaging du produit en % de chlore actif (souvent 65, 70 ou 80 % par exemple)

Pour l'exemple ci-dessus, le chlore solide est à 65% de pureté, on souhaite obtenir une concentration dans l'eau à traiter de 5 mg/L, soit 0,0005%. Pour traiter 1 L d'eau on aura donc besoin d'une quantité de chlore solide de :

$$X = 0,0005 \times 10 \times \left( \frac{100}{65} \right) = 0,0077 \text{ g / L}$$

Ce qui équivaut à 1 litre de solution fabriquée. On aura donc besoin de 0,077 g pour 10 L, etc...

#### 4.5. Poste de chloration

Les postes de chloration sont décrits dans la Fiche Technique sur les Procédés de désinfection et postes de dosage (1.2.2 DIT1). On notera toutefois qu'un modèle de poste de chloration est en phase de test auprès de la DINEPA. Il devrait devenir le modèle de poste de chloration retenu pour la désinfection des réseaux ruraux dans les conditions suivantes :

- solution mère produite à partir de chlore solide en poudre
- pour les réseaux ruraux
- pour les chloration situées en amont du réservoir, alimenté en permanence avec un débit d'eau brute assez constant
- eau brute respectant les conditions de traitement par le chlore (turbidité < 5 NTU, pH > 8...)

## 5. Sources

ACF, (2007), *Eau Assainissement hygiène pour les populations à risque*, 2<sup>e</sup> édition,

MSF, (2010), *Public Health Engineering in precarious situations*, 2<sup>e</sup> édition

*Recommandations de la DINEPA sur l'utilisation du chlore produit par électrolyse avec les appareils WATA*, avril 2012

## 6. Lexique

<u>Créole</u>	<u>Français</u>	<u>Anglais</u>
Cup	Gobelet plastique (0.25 L)	Cup
Galon	Bidon de contenance 3.78 l	Gallon
Bokit	Seau (contenance 20 l = 5 gallons)	Bucket
Drum	Fût métallique ou plastique (200 l)	Drum