

# Lovibond® Water Testing

Tintometer® Group



**Piscine & Spa**

**Traitement et analyse de l'eau**

[www.lovibond.com](http://www.lovibond.com)

# Traitement de l'eau de piscines et de spas



## Références bibliographiques

Water quality – determination of free chlorine and total chlorine  
Part 2: Colorimetric method using N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine  
for routine control purposes (EN ISO 7393-2 : 2000)

Swimming Pool Water  
Treatment and Quality Standards  
2009 Pool Water Treatment Advisory Group (PWTAG), UK

Management of Spa Pools  
Controlling the Risks of Infection, March 2006  
Health Protection Agency, London, United Kingdom

Guidelines for safe recreational water environments  
Volume 2: Swimming Pools and Similar Environments  
World Health Organization, 2006

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 18th ed.,  
American Public Health Association, American Water Works Association,  
and Water Environment Federation, 1992, USA

Colorimetric Chemical Analytical Methods (CCAM)  
I.C. Thomas, B.Sc., F.R.I.C., G.J. Chamberlin,  
9th Edition, The Tintometer Ltd., Salisbury, England

Pool Chlorination Facts  
A technical and practical reference for aquatic professionals for using  
chlorine in swimming pools, Robert W. Lowry, 2003, New York, USA

# Traitement de l'eau de piscines et de spas



**Lovibond**



Éditeur

Tintometer GmbH

Schleefstraße 8 -12

44287 Dortmund

Phone (+49) (0)2 31 / 9 45 10 - 0

Fax (+49) (0)2 31 / 9 45 10 - 20

[sales@tintometer.de](mailto:sales@tintometer.de)

[www.lovibond.com](http://www.lovibond.com)

Allemagne

Textes

Dr. rer. nat. R. Münzberg

Mettre à jour

Martin Woelk

Illustrations

E. G. Hesse

Composition et conception

M. Ostermann

Tous droits réservés –  
droits d'auteur® 2017 par  
Tintometer GmbH, Allemagne

No.: 93 81 02

## Avant-propos

Présentation générale de la nouvelle édition du

### **Manuel Lovibond® du traitement et analyse de l'eau de piscine et de spa.**

Ce document est destiné essentiellement à servir de guide pratique pour les propriétaires/exploitants et se propose de les assister dans le cadre d'une exploitation rentable de la piscine ou du spa.

Notre objectif est d'illustrer les principes fondamentaux des procédures modernes de traitement de l'eau et d'expliquer en détails l'importance et les influences des substances chimiques utilisées de nos jours pour la désinfection, la floculation, le réglage du pH et la maintenance du bilan d'eau.

Les exigences de qualité de l'eau des piscines et spas fait de sa surveillance un élément constitutif essentiel du programme de traitement. Ces exigences sont totalement satisfaites par la gamme d'équipements d'essai d'eau Lovibond®. Ces équipements sont faciles d'utilisation, fiables et précis, tout en restant abordables. La seconde partie du manuel explique en détails les procédures de test Lovibond® et fournit des conseils utiles sur la manière de les utiliser.

La nouvelle édition a été réalisée par Dr Robert Münzberg et M. Martin Woelk. Les expériences obtenues au contact quotidien avec la clientèle du secteur de traitement de l'eau de piscine créent la base de cette brochure. Pour les conseils qu'ils ont bien voulu donner lors de l'élaboration du présent manuel, nous remercions M. Geoff Shute, chimiste en chef retraité de Tintometer Ltd., Amesbury, Grande-Bretagne, et M Howard Gosling, conseiller en traitement de l'eau de piscine et de spa, Nether Compton, Dorset, Grande-Bretagne.

Dans ce manuel, nous nous sommes efforcés de fournir les informations les plus exhaustives sur l'ensemble des aspects du traitement et du contrôle de l'eau ; vous comprendrez néanmoins que nous ne saurions traiter tous les aspects de cette spécialité. Par conséquent, nous vous saurions gré de bien vouloir nous excuser si votre application spécifique n'est pas prise en compte.

Tintometer GmbH  
Lovibond® Water Testing  
Allemagne  
[www.lovibond.com](http://www.lovibond.com)

# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>3</b>
<b>Traitement de l'eau de piscine - les fondements</b>	<b>6</b>
Débit et fréquence de renouvellement	6
Dilution	8
Filtration	8
Floculation	10
Lavage à contre-courant des filtres	12
Désinfection de l'eau	12
<b>Produits chimiques de traitement</b>	<b>14</b>
Chlore gazeux	14
Hypochlorite de sodium	14
Avis important	15
Hypochlorite de calcium	17
Isocyanurates chlorés (chlore stabilisé)	17
Dichloroisocyanurate (dissolution rapide)	17
Acide trichloroisocyanurate (dissolution lente)	18
Brome19	
Ozone20	
Oxygène actif = Peroxyde, Persulfate, MPS	21
Biguanide (PHMB)	22
Cuivre / argent (ionisation)	22
Ultraviolet (UV)	23
Algicides	24
Contrôle du pH	25
Pour relever le niveau de pH :	25
Pour diminuer le niveau de pH :	25
Causes et effets des valeurs de pH :	26
Alcalinité	27
Dureté calcique	27
Matières dissoutes totales (MDT)	28
<b>Piscines spas (bains bouillonnants)</b>	<b>28</b>
Capacité et charges de baigneurs des piscines spas	29
Filtration	29
Traitement chimique	30
Niveau de dosage	30
Bilan d'eau (voir également à la page 48)	30
Critère opérationnel	31

<b>Équipements et méthodes d'essai de l'eau</b>	<b>32</b>
Remarques sur le prélèvement d'échantillons . . . . .	32
Analyse colorimétrique. . . . .	32
Analyse photométrique . . . . .	33
Méthodes électrochimiques . . . . .	34
Potentiel d'oxydoréduction (ORP). . . . .	34
Méthode ampérométrique . . . . .	34
Chlore35	
OTO (orthotolidine) . . . . .	35
Détermination du chlore libre et du chlore total au moyen de DPD selon la norme DIN EN ISO 7393-2. . . . .	36
DPD (N, N-diéthyl-p-phénylène diamine) . . . . .	38
Mécanisme du test au DPD . . . . .	39
Chlore libre résiduel . . . . .	39
Chlore combiné (chloramines) . . . . .	40
Interprétation des résultats. . . . .	41
Brome41	
Valeur de pH . . . . .	42
Alcalinité totale . . . . .	43
Dureté calcique . . . . .	44
<b>Ozone</b>	<b>44</b>
Méthode DPD pour l'ozone . . . . .	45
Chlorure . . . . .	45
Sulfate . . . . .	46
Acide cyanurique . . . . .	47
Matières dissoutes totales (MDT). . . . .	48
Eau équilibrée (indice de Langelier) . . . . .	48
Considérations supplémentaires sur l'eau équilibrée. . . . .	50



<b>Problèmes opérationnels</b>	<b>51</b>
<b>Relations publiques</b>	<b>54</b>
<b>Catalogue Lovibond® Analyse des eaux de piscines et de spas</b>	<b>57</b>

## Traitement de l'eau de piscine - les fondements

L'objectif primaire du traitement de l'eau de piscine est de maintenir cette eau dans un état sain et agréable pour la natation. Plus spécifiquement, cet objectif peut être résumé comme la nécessité :

- de maintenir l'eau dans un état exempt de bactéries pathogènes (nocifs)
- de maintenir l'eau dans un état exempt de croissance d'algues
- de garantir que l'eau n'est ni toxique, ni irritante pour les baigneurs
- de prévenir la formation d'odeurs ou de goûts désagréables dans l'eau
- de prévenir la corrosion au niveau des bords de la piscine, des armatures, des joints et des équipements
- de prévenir la formation de tartre dans la piscine, les filtres et les tuyauteries.

Un diagramme simple peut illustrer le fonctionnement d'une piscine permettant la mise en œuvre des multiples processus de traitement disponibles de nos jours :



### Débit et fréquence de renouvellement

Le rythme de pollution des eaux de piscines est variable. D'une manière générale, moins l'eau est profonde, plus il y a de baigneurs par mètre cube, plus la pollution est importante. De plus, une piscine à ciel ouvert offre une plus grande surface de pollution qu'une piscine couverte.

Le taux de renouvellement est la durée, en heures, nécessaire pour que le filtre puisse purifier un volume complet d'eau de la piscine. Il se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Taux de renouvellement en heures} = \frac{\text{Capacité de la piscine en m}^3}{\text{Vitesse nominale du filtre en m}^3/\text{heure}}$$

La vitesse nominale du filtre représente le flux d'eau à travers le filtre, déterminé pour réaliser un degré de clarification spécifié, entre 10 microns et ou 0,01 mm, par exemple, sur une période donnée. Ainsi, chaque type de piscine exige son propre filtre adapté pour développer une période de renouvellement satisfaisante.

Les valeurs suivantes sont fournies à titre de guide général :

30 min - 1 heure      pataugeoires et piscines-patinoires et à toboggan, ainsi que piscines d'hydrothérapie

30 min -1,5 heures      bassins d'apprentissage

10 min - 45 min      bassins de loisir d'une profondeur maximale de 0,5 m

30 min -1,25 heures      bassins de loisir d'une profondeur de 0,5 m à 1 m

1 heure - 2 heures      bassins de loisir d'une profondeur de 1,0 à 1,5 m

1 heure – 2,5 heures      bassins de loisir d'une profondeur supérieure à 1,5 m

2,5 heures -3 heures      piscines publiques classiques avec bassins d'une longueur maximale de 25 m avec une extrémité peu profonde jusqu'à 1 m.

3 heures -4 heures      bassins olympiques de 50 m

4 heures -8 heures      bassins de plongeon

Les piscines d'hôtels et des clubs de santé peuvent présenter une période de renouvellement plus longue que celle d'une piscine publique ou d'un bassin de loisir équivalent si elles sont soumises à des limites strictes quant au nombre maximal de baigneurs et aux durées d'utilisation. Le nombre de baigneurs assigné devrait être connu et imposé par les exploitants à l'entrée de la piscine. De la même manière, les piscines scolaires peuvent être aménagées pour disposer de période de "repos" entre les classes.



## Dilution

La désinfection de l'eau et le processus de filtration ne détruisent et n'éliminent pas l'ensemble des polluants présents dans l'eau.

Un programme de dilution de l'eau de piscine avec de l'eau fraîche est nécessaire pour réduire la formation de polluants provenant des baigneurs et les sous-produits résultant du processus de désinfection.

Dans une certaine mesure, la dilution est réalisée uniquement par le lavage à contre-courant du filtre, où l'eau chassée vers l'évacuation doit être remplacée. Malheureusement, ceci n'est pas assez fréquent pour maintenir la concentration de polluants indésirables à un niveau acceptable.

Certains polluants ne peuvent être réduits que par dilution – les chloramines organiques comme la chlorcréatinine, par exemple, ne peuvent être décomposés par des moyens chimiques.

Pour une piscine publique, le volume de référence requis est de 30 litres par baigneur et par jour. Cette méthode devrait offrir des avantages en termes de réduction des niveaux de polluants et, ainsi, limiter l'utilisation des substances chimiques de traitement elles-mêmes.

## Filtration

Le principal objectif de la filtration est l'élimination des matières particulaires et des débris dans l'eau de piscine. Elle supprime les corps solides jusqu'aux particules en suspension de dimensions submicronique afin de maintenir la clarté de l'eau. En revanche, elle n'élimine ni les sels dissous, ni les microorganismes.

La matière la plus répandue pour les filtres reste le sable, qui est encore privilégié de nos jours par de nombreux concepteurs de grandes piscines. Son utilisation est en effet éprouvée depuis plus de 100 ans.

Autres solutions de filtration :

- les filtres à cartouche
- le minéral zéolithe
- la terre de diatomée
- la matière filtrante dolomitique

Le filtre à cartouche est une unité autonome conçue en fibres synthétiques, tel que le polyester non-tissé. Sa structure plissée est fixée à un noyau central au sein d'un tambour cylindrique. On obtient ainsi une surface de filtration importante sur un espace restreint et confiné.

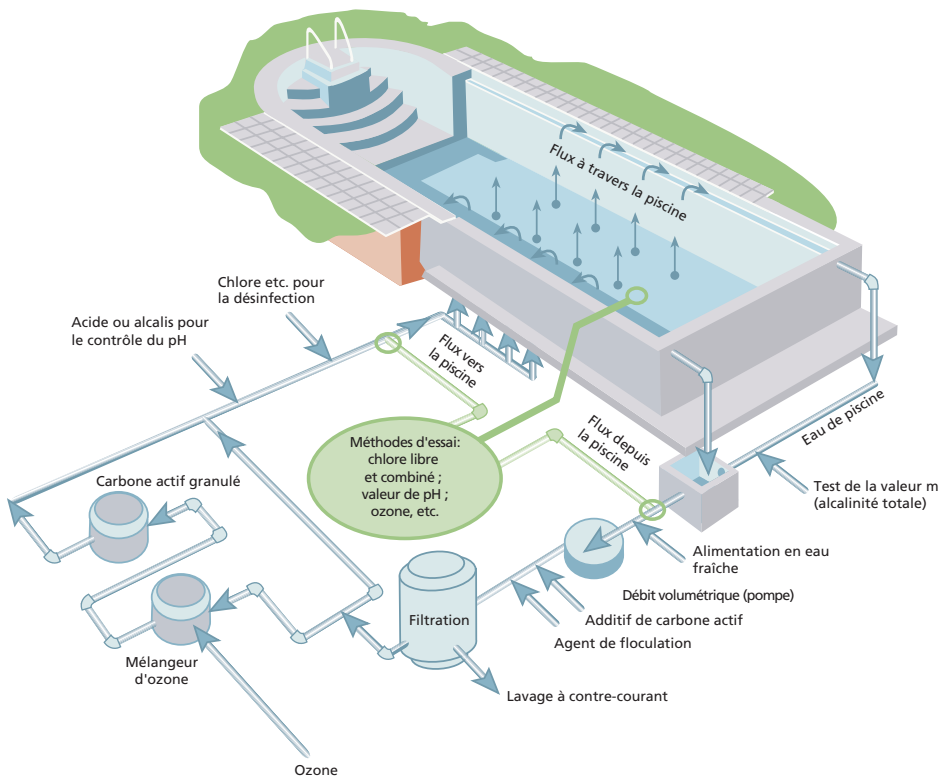
Ce type de filtre n'est généralement utilisé que pour les petits bassins.

Aussi bien dans les filtres au sable qu'à la zéolithe, l'eau sous pression traverse le matériau. En traversant le média à arêtes vives, de petites particules de débris sont piégées dans les fentes de la couche supérieure.

Le matériau zéolithe connaît actuellement une popularité croissante par rapport au sable, car il absorbe l'ammoniac, confère une bonne clarté à l'eau et peut permettre des économies sur les coûts des substances chimiques.

Un processus par gravité, vide ou pression intervient dans un filtre à terre de diatomée. Des sacs en maille sont placés dans une cuve, généralement sous pression. La terre de diatomée est ensuite introduite dans le système, puis elle se dépose sur la maille. L'eau traverse la maille désormais imprégnée, les débris y étant collectés comme auparavant.

Un filtre à matière filtrante dolomitique provoque une réaction alcaline avec l'eau de piscine. Il est utilisé pour stabiliser le pH, particulièrement lorsque le désinfectant utilisé est du gaz de chlore. En raison de sa composition, il y a formation de bicarbonates de calcium et de magnésium dans l'eau, qui augmentent la dureté de cette dernière, contribuant ainsi à la stabilisation du pH. Ce processus épuise lentement la matière dolomitique. Il convient donc de compléter son niveau dans le filtre au moment opportun. La profondeur devrait toujours être de 40 cm environ (15 pouces) au-dessus du sable. N'utilisez pas d'hypochlorite lorsque le filtre de la piscine utilise une matière dolomitique. Un avantage de ce type de milieu filtrant est sa capacité additionnelle à éliminer par filtration le fer et le manganèse.



## Floculation

Les matières colloïdales ou en suspension fine ne sont pas piégées sur le lit du filtre. Elles continuent en revanche à circuler vers la piscine, conférant à l'eau une apparence trouble et réduisant la visibilité pour les baigneurs.

Ce problème est plus fréquent dans une piscine à ciel ouvert exposée à l'effet des éléments – vent et pluie. L'eau de piscine a tendance à collecter les débris transportés par le vent, tels que la poussière, les algues, les spores, les insectes et les matières véhiculées par les pieds, telles que la terre et les gravillons.

Pour éliminer ces matières finement dispersées, il est nécessaire de recourir à un floculant. Un floculant est un produit chimique qui s'ajoute à l'eau de piscine pour y provoquer le regroupement des particules, qui forment ainsi des particules plus volumineuses (des flocons) devenant suffisamment grandes pour être capturées par le milieu filtrant et éliminées de l'eau. La liste ci-après énumère les floculants les plus fréquemment utilisés :

ALUM (sulfate d'aluminium)

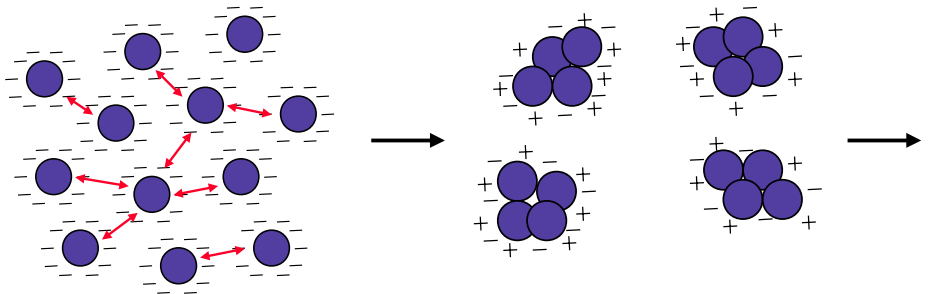
PAC (chlorure de polyaluminium ou hydroxychlorure d'aluminium)

PASS (sulphosilicate d'aluminium)

ALUMINATE DE SODIUM

CHLORURE DE FER (III) HEXAHYDRATÉ

SULFATE DE FER (III)



Matières colloïdales en suspension

Floculants (ajout de sels ferreux)

Coagulation des particules

Sur le plan chimique, ces substances se comportent toutes de manière similaire, en formant par hydrolyse un précipité gélatineux.

Les composés à base d'aluminium fonctionnent de façon optimale à des niveaux de pH compris entre 6.5 et 7.2 et entre 6.5 et 7.5 pour les sels ferreux.

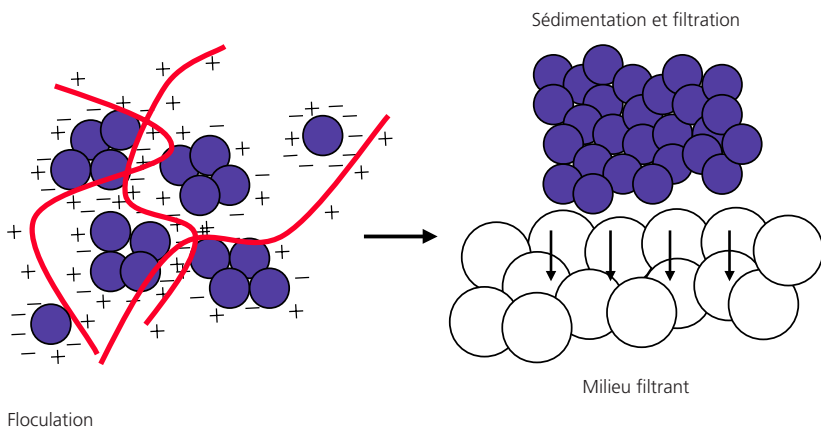
Les sels ferreux peuvent toutefois abandonner un résidu ferreux dans l'eau, susceptible de provoquer la coloration de cette dernière, raison pour laquelle ils ne sont pas utilisés à grande échelle.

Les flocculants les plus couramment utilisés sont les polyélectrolytes tels que PAC et PASS. Étant donné que la turbidité non-filtrable de l'eau est généralement provoquée par des particules négativement chargées, ces polyélectrolytes sont cationiques et attirent les particules en provoquant l'augmentation de la taille des flocons.

Les polyélectrolytes cationiques offrent des avantages supplémentaires :

- Aux taux de dose recommandés, ils sont capables de flocculer les organismes vivants tels que les algues et les bactéries, qui, en l'absence de flocculation, traverseraient le filtre - les kystes infectieux *Cryptosporidium* et *Giardia* sont minuscules et résistants à la désinfection.
- Ils produisent un flocon dur, qui est résistant à la désintégration par l'action de l'ailette de la pompe.

Il importe de souligner que les flocculants doivent être utilisés correctement, aux taux de dosage recommandés, ce qui peut être réalisé par dosage continu au moyen d'une pompe de dosage. Il est impératif de se conformer aux instructions du fournisseur.



## Lavage à contre-courant des filtres

Quelque soit le type de filtre utilisé, à un moment où à un autre, ce dernier est chargé de débris. Il devient alors nécessaire de nettoyer ou de laver à contre-courant le lit du filtre.

Il convient de procéder à cette opération lorsque la pression sur le filtre indique une différence de pression entre le haut et le bas du lit du filtre.

Le lavage à contre-courant est le processus consistant à inverser le flux d'eau à travers le filtre. Ce processus agite la matière et dégage le lit. Les grains à arêtes tranchantes entrent en collision les uns avec les autres et provoquent ainsi le lessivage des débris collectés vers l'évacuation (déchets).

Ce mécanisme intervient dans les filtres au sable, à la zéolithe et à matière dolomitique. Dans le cas des filtres à la terre de diatomée, le flux inversé élimine non seulement les débris, mais aussi le milieu filtrant. Ce dernier doit donc être remplacé pour que la filtration puisse avoir lieu.

Étant donné que les filtres à cartouche ne peuvent pas être lavés à contre-courant, ils doivent être démontés pour être nettoyés. Pour cela, les chasser vers l'extérieur, par exemple au moyen d'un tuyau de jardin, pour déloger les débris de la surface, puis les nettoyer à l'aide d'une solution de chlorure forte (environ 100 mg/l) avant de les remettre en place en vue de leur réutilisation. Il existe également des nettoyeurs de filtres chimiques propriétaires.

## Désinfection de l'eau

S'agissant d'eau de piscine, la désinfection consiste essentiellement à :

- maintenir l'eau dans un état exempt de bactéries potentiellement nocives
- éviter la prolifération d'algues
- assurer que l'eau n'est pas irritante ou toxique pour les baigneurs
- prévenir la formation d'odeurs ou d'en goûts indésirables

En d'autres termes, il s'agit de faire en sorte que l'eau soit sûre et agréable pour les baigneurs.

La désinfection concerne la destruction de microorganismes – virus, bactéries, algues, moisissures et champignons. Ces derniers existent en grand nombre dans notre environnement naturel. En ce qui concerne l'eau de piscine, les deux types les plus importants sont les bactéries et les algues.

Des millions de bactéries sont présentes dans le corps humain. Si bon nombre de ces bactéries sont plutôt inoffensives, d'autres provoquent des maladies. Or, l'eau de piscine est un milieu idéal pour la transmission de bactéries d'une personne à une autre.

En ajoutant un désinfectant à l'eau, l'exploitant de la piscine initie un processus dont il espère qu'il détruira ces bactéries aussi rapidement que possible et, ainsi, minimisera le risque d'infections croisées..

Les algues sont une expression naturelle de la vie végétale. Elles sont présentes dans toutes les sources d'eau naturelle – les rivières, les étangs, etc. Il en existe des milliers d'espèces de multiples couleurs. La présence d'algues dans les piscines est fortement contre-indiquée. Leur prolifération a pour effet de troubler l'eau et rendre les surfaces des piscines glissantes et dangereuses.

Normalement, le processus de désinfection est efficace contre les algues. Mais des agents chimiques supplémentaires, appelés algicides, sont néanmoins disponibles et peuvent être utilisés dans les cas où il est difficile d'éliminer les algues.

Une piscine bien gérée et bien désinfectée devrait permettre d'éviter le développement d'infections d'origine virale. Des infections nasales et respiratoires peuvent être contractées dans les espaces bondés ; toutefois, ces infections sont probablement davantage causées par les gouttelettes infectées transmises par l'air que par le contact avec l'eau de la piscine.

Deux organismes sont particulièrement résistants à la désinfection : il s'agit des kystes infectieux CRYPTOSPORIDIUM et GIARDIA. Ces protozoaires microscopiques sont présents à grande échelle dans l'environnement naturel, souvent chez les animaux. Ils sont responsables de diarrhées et autre maladies et peuvent être un problème dans les piscines surpeuplées. Bien qu'ils soient résistants à la désinfection, ils sont plus grands que les bactéries, donc plus susceptibles de coagulation et d'élimination par filtration.

D'autres polluants sont introduits dans l'eau de piscine par les baigneurs eux-mêmes. Les plus importants sont de loin les composés azotés provenant de la sueur corporelle et de l'urine, qui, sous forme d'ammoniac, réagissent avec certains désinfectants pour former des sous-produits potentiellement irritants. Des mesures doivent être prises pour éliminer ces composés, soit par des moyens chimiques, soit par dilution (lire les sections suivantes).

Exemple : bactérie Legionella Pneumophila



La taille moyenne d'une cellule de Legionella est comprise entre 0,5 et 1,0 micromètre de large ( $\mu\text{m}$ ) et 1,0 et 3,0 micromètres de long. 1 micromètre ( $\mu\text{m}$ ) = 1/1000 millimètres

## Produits chimiques de traitement

Notez bien que tous les désinfectants chimiques utilisés pour les piscines et les spas sont spécifiquement destinés à cette utilisation et que les nettoyants ménagers classiques (par exemple pour les toilettes) ne sont pas appropriés.

### Chlore gazeux – inorganique

Le chlore gazeux liquéfié est l'agent de désinfection par le chlore gazeux le plus pur. Il contient 100% de chlore libre résiduel.

Lorsque le chlore gazeux réagit avec l'eau de la piscine, il produit du chlore libre disponible et un acide chlorhydrique. Ce processus entraîne la réduction du pH de l'eau, ramené à une valeur inférieure à 2 – hautement acide, exigeant l'addition continue et automatique d'alcalis sous forme de carbonate de sodium (soude) ou d'hydroxyde de sodium (carbonate de soude) pour relever à nouveau le niveau de pH.

Le chlore gazeux est parfaitement approprié pour l'utilisation dans les zones d'eau dure, où la dureté naturelle de l'eau contribue à neutraliser l'acidité produite.

Ne JAMAIS utiliser le chlore gazeux dans les piscines résidentielles.



### Hypochlorite de sodium – inorganique

L'hypochlorite de sodium est de loin le plus répandu de tous les désinfectants utilisés dans l'eau de piscine.

De couleur claire et jaunâtre, il a l'odeur caractéristique d'un agent de blanchiment ménager. Le produit professionnel contient entre 10 et 15% de chlore libre résiduel, ce qui est beaucoup plus que dans un produit ménager.

L'hypochlorite de sodium se prépare par conduction du chlore gazeux à travers une solution d'hydroxyde de sodium dans des conditions très rigoureusement contrôlées. Un excès d'hydroxyde de sodium est laissé dans l'eau après la réaction en vue d'améliorer la stabilité. Cela indique que la solution possède un pH extrêmement élevé, de 12 environ.

Même dans des conditions de stockage satisfaisantes – dans l'obscurité et à des températures froides, l'hypochlorite de sodium se décompose lentement, libère de l'oxygène et perd de son contenu de chlore libre résiduel. Toutefois, sa valeur de pH reste toujours élevée.

Certaines solutions mélangées contenant des agents de stabilisation pour retarder la décomposition sont disponibles. Elles sont habituellement plus proches de la teneur de 10% de chlore libre résiduel et bien qu'elles soient plus stables, elles continuent à se détériorer progressivement en raison de la chaleur, de la lumière, etc.

Il est généralement recommandé que durant les mois d'été, le stockage soit limité à une période d'un mois dans des conteneurs obscurs, à des températures aussi froides que possibles.

### Avis important

Ne jamais ajouter de l'acide directement à des solutions d'hypochlorite de sodium, sous peine de produire du chlore gazeux.

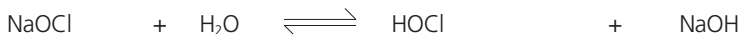
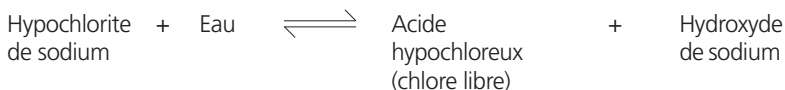
ATTENTION : ajouter toujours les produits chimiques à l'eau. Ne jamais ajouter de l'eau à un produit chimique, ceci pourrait provoquer une violente réaction.

Bien que l'acide soit nécessaire pour la correction du pH, il convient de l'ajouter à l'eau de piscine progressivement. Dans le cas de l'acide chlorhydrique (acide muriatique), ce dernier doit d'abord être dilué par addition dans un récipient en plastique ou un arrosoir contenant de l'eau de piscine, puis aspergé sur la surface. Avec du sulfate acide de sodium (acide sec), dissoudre ce dernier dans un seau en plastique ou un arrosoir contenant de l'eau de piscine, puis le verser à plusieurs endroits différents dans la piscine.

L'une des alternatives consiste à générer l'hypochlorite de sodium in situ en maintenant une teneur élevée de chlorure de sodium (sel commun) dans l'eau de la piscine généralement entre 3 000 et 4 000 mg/l) et en acheminant une partie ou l'ensemble dudit chlorure de sodium à travers un électrolyseur. L'eau de mer naturelle peut également être utilisée à la place.

Le système n'est pas approprié pour les grands bassins, mais il peut être satisfaisant pour les petites piscines dont le nombre de baigneurs est faible tant que le système de génération électrolytique est capable de faire face aux fluctuations des conditions et de maintenir le reste de chlore libre résiduel recommandé.

Le mécanisme de l'hypochlorite de sodium dans l'eau de piscine est le suivant :



La proportion d'acide hypochloreux produit dépend du pH de l'eau de piscine, car elle est sujette à une réaction réversible, donc :



Acide hypochloreux                      Ion d'hydrogène                      Ion hypochlorite

Lorsque le pH augmente, les produits de réaction sont formés, alors que l'HOCl actif prédomine à des valeurs de pH basses :

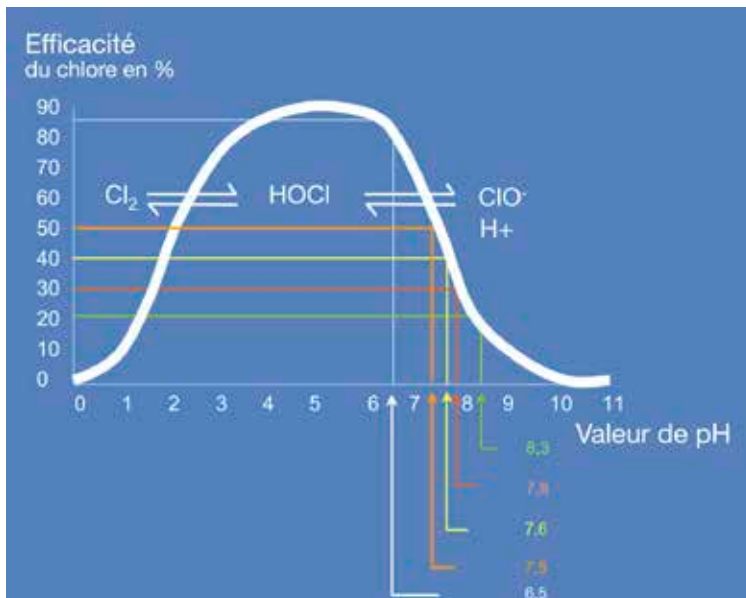


pH	% HOCl	% OCl <sup>-</sup>
5,0	100	0
6,0	96	4
7,0	75	25
7,2	66	34
7,5	49	51
7,8	33	67
8,0	23	77

Étant que l'HOCl est la forme active du désinfectant et que l'ion OCl ne possède pratiquement aucun pouvoir de désinfection, maintenir un pH de 5,0 serait idéal. Malheureusement, ce n'est pas possible, car il s'agit d'un milieu acide peu satisfaisant pour l'installation de piscine comme pour les baigneurs.

Un pH compris entre 7,2 et 7,5 offre les conditions les plus satisfaisantes lorsque 50% environ du désinfectant est présent sous la forme HOCl. Le milieu est alors agréable pour les baigneurs et non corrosif pour les bords de la piscine, ses installations accessoires et ses raccords.

Bien que l'HOCl soit considéré comme du "chlore libre", toutes les méthodes d'analyse colorimétriques de ce dernier mesurent la somme d'acide hypochloreux HOCl et d'ion hypochlorite OCl<sup>-</sup>.



## **Hypochlorite de calcium – inorganique**

L'hypochlorite de calcium (cal hypo) est une alternative stable à l'hypochlorite de sodium. Disponible dans le commerce sous forme granulée ou de comprimés, il contient habituellement 65% de chlore libre résiduel, ce qui est beaucoup plus que l'hypochlorite de sodium.

L'hypochlorite de calcium se dose normalement à la main, mais il est préférable de le diluer dans de l'eau et de pomper cette dernière automatiquement dans le système de circulation de la piscine.

Les comprimés se placent dans un système d'alimentation à travers lequel circule l'eau de piscine, ou, alternativement, dans les paniers épurateurs pour les piscines privées.

Une utilisation fréquente du cal hypo augmente les niveaux de calcium dans l'eau, ce qui est bénéfique dans les zones à eau douce. Dans ces zones, les piscines en béton sont souvent sujettes à des pertes de coulis entre les carrelages, voire à des pertes de chape depuis la face cachée des carrelages. Cela s'explique par le fait que l'eau soit « en demande de calcium » et recherche des sources de calcium pour satisfaire cette demande.

Le cal hypo est doublement bénéfique dans ces cas, car il désinfecte tout en satisfaisant la demande en calcium de l'eau.

Dans une région à eau dure, avec une utilisation continue du cal hypo, l'attaque par le roulis est peu probable, par contre, il existe un risque de dépôts de tartre sur les parois de la piscine et de calcification du filtre. Une eau équilibrée est donc déterminante – voir page 46.

Le cal hypo est alcalin, avec un pH compris entre 11 et 12, si bien que de l'acide est nécessaire pour corriger le pH dans la piscine.

La teneur en matières dissoutes totales dans l'eau augmente également, mais pas avec la même ampleur que dans le cas de l'utilisation d'hypochlorite de sodium.

## **Isocyanurates chlorés (chlore stabilisé) – organique**

Il s'agit de composés de chlore et d'acide cyanurique, qui sont utilisés à l'échelle mondiale, car l'acide cyanurique joue un rôle de stabilisateur dans les piscines à ciel ouvert, réduisant la perte de chlore grâce à l'action du rayonnement ultraviolet provenant du soleil.

Deux composés sont disponibles – le dichloroisocyanurate de sodium "dichlore" et l'acide trichloroisocyanurique "trichlore".

## **Dichloroisocyanurate (dissolution rapide) – organique**

Il s'agit d'une matière granulaire contenant environ 60% de chlore libre résiduel. Ce composé hautement soluble est idéal pour une application directe dans la piscine. De plus, il présente un pH quasiment neutre, ce qui signifie qu'il n'a aucun effet sur le pH de l'eau de piscine.

Lorsqu'il est dissout dans l'eau, le Di-chlore produit de l'acide hypochloreux (chlore libre) et de l'acide cyanurique. Il est important de surveiller aussi bien le second que le chlore libre, car sa concentration a tendance à augmenter dans l'eau de piscine jusqu'à ce que se produise une situation dans laquelle apparaît le "blocage du chlore" – voir page 45.

## Acide trichloroisocyanurate (dissolution lente) – organique

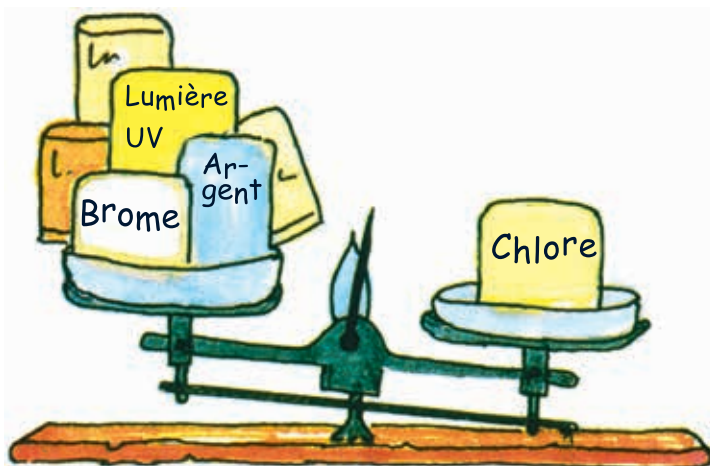
Contenant 90% de chlore libre résiduel, il est habituellement livré sous forme de grandes pastilles. Il n'est pas particulièrement soluble, ce qui le rend idéal pour la circulation continue à travers les alimentateurs par érosion, les flotteurs ou dans les applications à paniers épurateurs.

Il présente un pH bas, de 3 environ, qui doit parfois être augmenté à l'aide de substances chimiques, telles que le carbonate de sodium (carbonate de soude).

Il produit de l'acide hypochloreux et de l'acide cyanurique en solution d'une manière similaire au dichlore. Le même problème potentiel se pose au regard de la formation d'acide cyanurique.

En règle générale, les chlores libres résiduels doivent être maintenus à un niveau supérieur qu'avec des hypochlorites normaux, car avec le di-chlore et le tri-chlore, une réduction du taux de destruction des bactéries se produit, avec des concentrations accrues d'acide cyanurique. Le niveau recommandé dépend de la teneur en acide cyanurique contenu, comme l'indique le tableau ci-après :

Acide cyanurique en mg/l	mg/l 30	mg/l 50	mg/l 70	mg/l 90	mg/l 100	mg/l 130	mg/l 140	mg/l 160	mg/l 180	mg/l 200
Chlore libre disponible pour une mesure de DPD (pH 7,5 ; t = 25 °C)	45 Env. %	33 Env. %	28 Env. %	14 Env. %	12 Env. %	10 Env. %	9 Env. %	8 Env. %	7 Env. %	6 Env. %



## Valeurs recommandées pour les piscines domestiques - EN 16713

	Mesurer	Doit
tous les jours	Chlore libre  Chlore combiné pH	0.3 - 1.5 mg/l Chlore inorganique 1.0 - 3.0 mg/l Chlore organique en combinaison avec acide cyanurique max. 0.5 mg/l 6.8 - 7.6
hebdomadaire	Acide cyanurique	max. 100 mg/l

### Brome

Le brome a toujours été considéré comme un désinfectant aux propriétés similaires à celles du chlore, mais dans le contexte de l'eau de piscine, il lui est bien supérieur. Dans de l'eau traitée au chlore, des sous-produits se forment souvent, provoquant l'irritation des yeux et quelques fois des odeurs offensives. Ces chlores sont évidemment les chlores combinés, dits chloramines.

Dans les piscines traitées au brome, bien qu'il se forme des bromes combinés, appelés bromamines, l'irritation des yeux est presque totalement absente. À la différence des chloramines, les bromamines sont des désinfectants efficaces, leur activité étant presque égale à celle du chlore libre ou du brome libre.

Le brome élémentaire est très peu répandu. Ce liquide rouge lourd est très corrosif et dégage des fumées piquantes. Sa manipulation exige par conséquent des précautions très spécifiques. D'une manière générale, il est donc peu approprié pour utilisation aux fins du traitement de l'eau de piscine.

Le 1-bromo-3-chloro-5,5-diméthylhydantoïne (BCDMH) est une alternative sûre et très répandue dans le monde. Ce composé organique, qui contient à la fois des molécules de brome et de chlore. Il est habituellement fourni sous forme de pastilles et contient 61 % de brome libre résiduel pour 27% de chlore libre résiduel.

Le BCDMH se dissout dans l'eau pour dégager à la fois du brome libre résiduel (acide hypobromeux) et du chlore libre résiduel (acide hypochloreux). Bien que le second soit également un désinfectant, le désinfectant primaire dans une piscine traitée au BCDMH est l'acide hypobromeux, qui détruit les bactéries et oxyde les matières organiques. Ce faisant, le "brome épuisé" est abandonné dans l'eau sous forme d'ions de bromure. L'acide hypochloreux présent régénère ce "brome épuisé" et le retransforme en acide hypobromeux et ainsi de suite. Piscine traitée au BCDMH le désinfectant actif est toujours l'acide hypobromeux.

Il suffit de stocker le BCDMH dans un endroit frais et sec pour qu'il conserve sa stabilité.

Chez un petit nombre de baigneurs, il peut toutefois causer la gale, avec une éruption visible en 12 heures après l'exposition à l'eau traitée au moyen de ce produit chimique. Le problème est peu courant chez les enfants et plus fréquent chez les baigneurs âgés de 50 ans et plus.

## Ozone

L'ozone est le désinfectant le plus rapide et le plus puissant agent oxydant disponible pour le traitement de l'eau. Ce gaz hautement actif réagit immédiatement au contact avec les bactéries ou d'autres contaminants et impuretés présents dans l'eau de piscine.

L'ozone n'est pas un gaz stable et se retransforme rapidement en oxygène. C'est pour cette raison qu'il doit être généré sur place et introduit immédiatement dans le circuit de circulation de l'eau de piscine. La méthode de production commerciale la plus efficace consiste à acheminer de l'air séché à travers un champ ionisant à décharge par effet corona.

L'ozone est également un gaz toxique, si bien que toute quantité de gaz qui n'a pas réagi doit être éliminée de l'eau avant que cette dernière ne soit refoulée dans la piscine, ceci au moyen d'un filtre de désazonisation. Il s'agit généralement de carbone activé.

Les bactéries existantes habituelles, telles que les E. coli, sont détruites jusqu'à cent fois plus rapidement qu'avec le chlore et même l'organisme cryptosporidium, hautement infectieux, qui résiste à des niveaux de chlore élevé, est détruit par 3 mg d'ozone par litre en une minute seulement.

Les fortes propriétés d'oxydation de l'ozone empêchent la formation de sous-produits indésirables et générateurs d'odeurs de la chloration de pollutions organiques humaines - monochloramine, dichloramine et trichlorure d'azote. Il le fait en brisant les composants de l'urine et de la sueur, éliminant de cette manière les précurseurs des chloramines etc.

L'ozone agit également comme un puissant flocculant et rend ainsi superflue l'utilisation de flocculants supplémentaires plus classiques. Un avantage bénéfique remarquable du traitement à l'ozone est par conséquent l'exceptionnelle clarté de l'eau.

Dans les piscines commerciales, étant donné que l'ensemble de l'ozone doit être éliminé de l'eau de retour, du chlore doit être ajouté à l'eau en aval du filtre pour maintenir un résidu dans la piscine elle-même afin de combattre la pollution. Le niveau de chlore est nettement plus faible qu'il ne serait nécessaire dans une piscine traitée seulement au chlore.

Dans les piscines résidentielles, l'ozone est quelques fois le seul moyen de purification et étant donné que la dose est beaucoup plus faible que celle requise par les piscines beaucoup plus grandes, il n'y a pas de désazonisation de l'eau. Généralement, on utilise un algicide à longue vie à base de cuivre pour plus d'efficacité. Le cas échéant, ajouter un peu de chlore après une charge de contamination particulière, par exemple après une fête autour de la piscine. Selon la norme pratique de sécurité, il convient d'utiliser du résidu de désinfectant (chlore ou brome) à tout moment.

## Oxygène actif = Peroxyde, Persulfate, MPS

L'Oxygène actif est la désignation populaire d'une méthode de traitement de l'eau de piscine alternative aux composés à base de chlore ou de brome. Bien que compatible avec ces deux composés et qu'il soit utilisé en combinaison avec ces derniers, l'oxygène actif est basé sur le très oxydant monopersulfate de potassium. Il est également appelé péroxymonosulfate de potassium ou plus simplement composé monopersulfate.

Le monopersulfate de potassium est un agent chimique qui oxyde la pollution organique sans produire un quelconque chlore combiné irritant. Cette poudre blanche granulée non agglomérante est très soluble dans l'eau, mais acide, si bien que la correction du pH de l'eau peut devenir nécessaire.

Il est souvent utilisé comme le seul oxydant dans les piscines privées, mais il existe un algicide d'accompagnement spécial, qui l'assiste dans le processus de désinfection.

Dans les piscines publiques, il est essentiellement utilisé comme alternative au chlore lorsque le dosage choc est nécessaire. L'utilisation du chlore à cette fin peut souvent provoquer des problèmes en relevant les niveaux de chlore combiné au lieu de les réduire. Ce phénomène est provoqué par certaines chloramines organiques, qui ne sont pas détruites par le chlore, alors que l'utilisation de monopersulfate de potassium les décompose par un processus d'oxydation.

En plus de son utilisation comme un choc non-chloreux, il est utilisé comme un agent oxydant lorsqu'une piscine est exploitée avec du brome comme le désinfectant primaire. Ici, il peut être utilisé avec le BCDMH pour contribuer à la régénération du "brome consommé" en acide hypobromeux.

En alternative, comme partie d'un système de désinfection à deux produits, il est largement utilisé avec du bromure de sodium comme donneur de brome. Le monopersulfate de potassium oxyde ou "active" l'ion de bromure en brome, qui forme rapidement le puissant désinfectant acide hypobromeux. Ceci, sur la réaction avec la pollution de l'eau de piscine, se réduit sur le "brome consommé" lorsque l'action du monosulfate l'oxyde à nouveau en brome. Ce processus peut se répéter sans cesse tant qu'il y a suffisamment d'oxydant.

Une filtration adéquate et efficace est d'une importance essentielle lors de l'utilisation du monopersulfate de potassium, car les polluants et les matières oxydées doivent être éliminés de l'eau aussi rapidement que possible. Un lavage à contre-courant fréquent est nécessaire pour éviter la formation de polluants organiques dans le lit du filtre. L'utilisation d'un floculant approprié peut être avantageuse.

Un oxydant alternatif au monopersulfate de potassium est le peroxyde d'hydrogène liquide. Ce dernier fonctionne de manière similaire, mais étant donné qu'il est liquide, il est plus difficile à manipuler et moins stable.

Il s'utilise normalement seulement dans les piscines privées et il est combiné à un système de dosage et de contrôle automatique, ce qui permet de garantir que la quantité d'agent chimique correcte est introduite dans le système.

L'avantage du peroxyde d'hydrogène est que les produits de décomposition sont de l'oxygène et de l'eau, qui ne s'ajoutent donc pas au niveau de matières dissoutes totales (MDT) dans la piscine.

## **Biguanide (PHMB)**

Le **P**olymère d'**H**exa**M**éthylène **B**iguanide (PHMB) est un bactéricide non chloreux développé pour l'utilisation dans les piscines privées. Il n'est pas recommandé pour l'utilisation dans les piscines dotées d'un dispositif d'apport d'ozone. Des versions spéciales existent pour l'utilisation dans les spas/bains à remous.

Bien qu'il possède quelques propriétés algistatiques, il doit être utilisé en combinaison avec un algicide spécifique afin de minimiser le risque de croissance de souches d'algues plus robustes. Une oxydation mensuelle au moyen de peroxyde d'hydrogène est également nécessaire.

De nombreux propriétaires de piscine apprécient cette alternative aux traitements aux halogènes établis, bien qu'il soit impératif de souligner que le PHMB et le chlore ne sont pas compatibles et ne doivent en aucun cas être mélangés dans l'eau de piscine. En réalité, il est vital d'éliminer toutes les traces de chlore dans une piscine qui a été traitée préalablement au chlore avant d'y introduire tout PHMB ; ce travail s'effectue par utilisation de thiosulfate de sodium.

Le PHMB est cationique et agit ainsi comme un floculant dans la piscine. Le lavage à contre-courant du filtre est par conséquent recommandé à des intervalles plus réguliers.

## **Cuivre / argent (ionisation)**

Ces agents sont associés à l'utilisation de dispositifs électroniques (ionisateurs), qui génèrent des ions de cuivre et d'argent pour assurer la désinfection des piscines privées peu utilisées.

L'argent est un bactéricide bien connu et le cuivre un algicide, et leur utilisation pour le traitement de l'eau de piscine est basée sur la capacité de contrôler leurs ions dans une solution.

Un ionisateur génère par voie électrochimique des ions d'argent et de cuivre à partir d'une électrode solide composée de ces deux éléments métalliques. Celle-ci est logée dans une cellule à écoulement, qui est traversée par l'eau de la piscine.

Les ions d'argent et de cuivre sont ainsi introduits dans la piscine et la capacité du système est réglée de manière à ce que la teneur souhaitée pour les deux ions métalliques soit formée dans l'eau en quelques jours. La puissance fournie est ensuite réglée de manière à maintenir ce niveau, ce qui permet d'assurer le lavage à contre-courant et de faire face à la charge des baigneurs.

Les ions d'argent et de cuivre chargés sont potentiellement effectifs contre les bactéries et les algues, respectivement, et coopèrent efficacement contre une grande variété d'organismes.

Les ions chargés présentent également un effet de floculation, agglomérant les microorganismes et les bactéries mortes, qui sont ensuite éliminés de l'eau.

Ce processus ne déploie aucun mécanisme d'oxydation dans l'eau, raison pour laquelle il est recommandé de ne maintenir qu'un niveau faible de désinfectant primaire. Récemment, des ionisateurs basés sur d'autres minéraux, tels que le zinc, ont été mis en circulation, utilisant seulement l'érosion plutôt qu'une action électrique.

## Ultraviolet (UV)

Jusqu'à il y a peu de temps, le traitement de l'eau à la lumière ultraviolette (UV) était considéré comme une méthode nouvelle dans le domaine de la désinfection de l'eau de piscine.

Depuis presque un siècle, il était connu que la lumière UV est efficace pour la destruction des bactéries et d'autres microorganismes, elle est utilisée pour le conditionnement de l'eau industrielle et potable depuis cinquante ans environ.

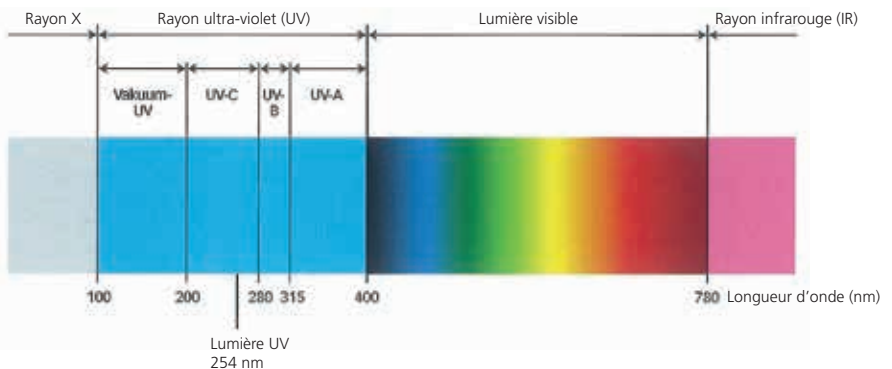
La lumière ultraviolette est générée par des arcs électriques, habituellement par utilisation d'une lampe à vapeur de mercure. Elle existe dans la partie du spectre qui est au-delà de la plus courte longueur d'ondes visible par l'œil humain. Elle est le plus efficace dans la gamme de 240 nm à 280 nm, celle appelée longueur d'ondes germicide.

Dans les piscines, la lumière UV brise les chloramines et d'autres composés organiques, tels que l'urée, par photooxydation. La température de l'eau n'influence pas le processus, ce qui signifie que la désinfection et la réduction des chloramines sont efficaces de la même manière dans les piscines à ciel ouvert non chauffées et dans les piscines de loisirs ou d'hydrothérapie très chaudes.

La désinfection à la lumière ultraviolette traite le circuit d'écoulement entier depuis les filtres de piscine et offre une protection contre le problème de la contamination du lit du filtre par les pseudomonas.

Une faible concentration de désinfectant primaire est nécessaire comme additif dans l'eau, elle doit agir comme un désinfectant résiduel. Ce dernier est le plus souvent du chlore, qui doit être utilisé au niveau minimal possible, qui peut être 0,5 mg/l de chlore libre pour une piscine privée, mais qui doit être réglée pour empêcher l'adhésion de la croissance d'algues à la surface de la piscine. Des installations UV peuvent aider à contrôler les algues transportées par l'eau, mais il est peu probable qu'elles aient un effet quelconque sur la croissance des spores sur la structure de la piscine.

Il importe de noter que le désinfectant devrait être ajouté après la chambre de traitement aux UV afin de minimiser l'effet de la lumière UV sur l'agent chimique.





## Algicides

L'apparition de croissance d'algues sur les piscines à ciel ouvert est une nuisance très répandue. Non seulement peu esthétique, ces algues peuvent représenter un danger si elles rendent lisse la surface de la piscine. L'eau de piscine peut devenir trouble et, en fin de compte, si elles peuvent se multiplier sans contrôle, elles peuvent bloquer les filtres ou réduire leur efficacité.

La cause la plus fréquente de la croissance algale est un manquement à maintenir à tout moment une teneur appropriée en chlore libre résiduel.

Pour prévenir la croissance algale et anéantir les algues existantes, il existe deux types de produits d'utilisation répandue, les QAC et les composés de cuivre polymériques.

Les QAC ou composés quaternaires d'ammonium sont efficaces à de faibles concentrations (1 à 4 mg/l). Ils sont également des agents de surface surfactants et, ainsi, à des concentrations élevées, ils sont capables de provoquer l'écumage de l'eau.

Certains QAC créent une demande de désinfectant au chlore et au brome, si bien que la teneur de ces derniers dans la piscine devrait être augmentée de plusieurs mg/l au-dessus de la normale avant l'addition de QAC pour contrecarrer cet effet. Il est par conséquent important que quelques précautions soient prises lors du dosage dans la piscine.

Le cuivre polymérique ou cuivre chélaté est du cuivre lié à une molécule organique pour le dosage, qui réduit considérablement sa toxicité pour les baigneurs tout en lui permettant toujours d'être efficace contre les algues. Ces types de produits sont souvent utilisés comme "préparateurs à l'hiver" dans les piscines privées, où ils servent à empêcher la détérioration de l'eau lorsque la piscine n'est pas utilisée durant les mois d'hiver.

Le sulfate de cuivre n'est plus utilisé comme algicide, car en plus de sa toxicité, il peut provoquer des problèmes de décoloration des cheveux et la coloration des surfaces de la piscine, notamment à des valeurs de pH supérieures à 7.4.



Croissance d'algues dans les piscines extérieures

## Contrôle du pH

Le pH est une échelle logarithmique s'étendant de 0 à 14.

Un pH de 7.0 est neutre et si la valeur est supérieure à cette dernière, l'eau est alcaline, c'est-à-dire qu'elle contient plus de composants alcalins que de composants acides.

Inversement, si la valeur du pH est inférieure à 7,0, l'eau contient plus de composants acides que de composants alcalins, elle est donc acide.

Le pH optimal pour l'eau de piscine est légèrement alcalin, soit entre pH 7.2 et 7.8, de préférence entre 7.3 et 7.5 pour les désinfectants à base de chlore. Cette plage cible étroite est nécessaire pour que le processus de désinfection fonctionne efficacement, pour le confort des baigneurs et pour l'état général de la structure de la piscine, ses installations accessoires et ses raccords.

Si le pH est excessivement élevé (> 8.0), ceci réduit l'efficacité du processus de désinfection, l'eau peut devenir trouble et la formation de tartre dans l'eau peut être stimulée.

Si le pH est trop faible (< 7.0), des irritations des yeux et de la peau peuvent survenir et les raccords de la piscine peuvent subir des dommages du fait de la corrosion.

Pour éviter des fluctuations intempestives de la valeur du pH suite à l'addition d'agents chimiques de traitement, il est nécessaire de maintenir un niveau d'ALCALINITÉ acceptable de l'eau. Ce dernier est habituellement de 100 mg/l – voir Eau équilibrée à la page 45, et il se compose de carbonates dissous, de bicarbonates et d'hydroxydes. Ces derniers ont l'effet d'agir comme un tampon prévenant les variations importantes du pH au moment de l'addition d'acides ou d'alcalis dans l'eau.

Les produits chimiques suivants sont utilisés pour le réglage du pH :

### Pour relever le niveau du pH :

- Le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), appelé également pH Plus. Celui-ci a un pH de 10 environ et augmente l'alcalinité de l'eau.
- L'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) ou soude caustique. Avec un pH de 14, cet agent est très alcalin et doit être manipulé avec soins. Il contribue également à relever l'alcalinité de l'eau.
- Les matières filtrantes dolomitiques ont l'effet d'augmenter le pH, mais elles ne sont pas dosées séparément, comme les produits chimiques. Elles sont comprises dans le filtre, au-dessus du sable, et il est nécessaire de compléter le remplissage à des intervalles réguliers – voir la section Filtration aux pages 8 et 9.

### Pour diminuer le niveau de pH :

- Le sulfate acide de sodium ( $\text{NaHSO}_4$ ), bisulfate de sodium ou acide sec. Appelé également pH Minus.

Il est une poudre ou un granulé cristallin non agglomérant qui, en solution, présente un pH de 1. Il se dissout normalement dans un peu d'eau, dans un récipient plastique, puis s'aspère autour de la piscine. Il ajoute également du sulfate à l'eau.

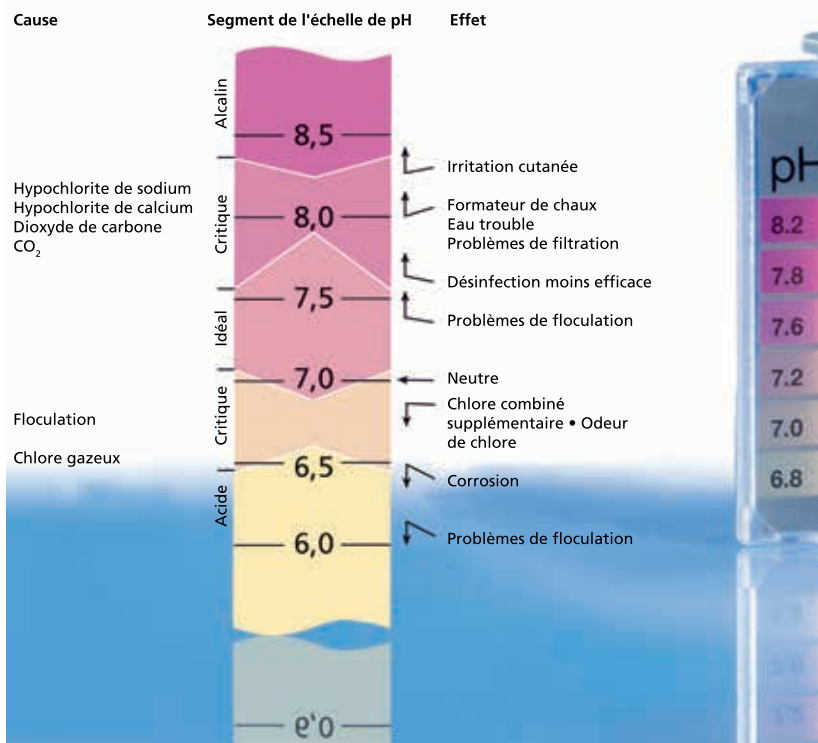
- L'acide chlorhydrique (HCl), connu également sous le nom acide muriatique. Il est un réducteur de pH économique, dont le maniement peut toutefois poser des problèmes, l'acide concentré (32%) est hautement corrosif. Les qualités commerciales ne devraient pas être utilisées, car leur teneur en fer peut être élevée, ce qui peut provoquer la décoloration et la turbidité de l'eau. Il est conseillé de diluer l'acide concentré en ajoutant de l'eau dans un récipient plastique avant de l'asperger autour de la piscine.

REMARQUE : Ajouter toujours l'acide à l'eau, mais jamais inversement.

- Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un gaz, il demande donc des équipements d'injection spéciaux. En se combinant à l'eau de la piscine, le dioxyde de carbone forme de l'acide carbonique, lequel réduit le pH et ajoute de l'alcalinité à l'eau. Ceci offre divers avantages dans les régions d'eau douce, où l'alcalinité naturelle de l'eau d'approvisionnement est faible ; mais dans les régions d'eau dure, il n'est pas approprié, car il augmente l'alcalinité à des niveaux hauts et inacceptables. Le CO<sub>2</sub> atteint les meilleurs résultats à des valeurs de pH réduite, lorsque l'alcalinité totale de l'eau de réseau est inférieure à 150 mg/l CaCO<sub>3</sub> et la dureté est inférieure à 300 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

Dans les piscines commerciales, le réglage du pH est effectué comme partie continue du processus de traitement de l'eau, à l'aide d'une pompe de dosage. Le dosage manuel, tel qu'il a été décrit ci-dessus, ne s'effectue que dans les piscines privées, où il n'existe pas d'alternatives.

## Causes et effets des valeurs de pH :



## Alcalinité

L'alcalinité d'une eau est une mesure des sels alcalins dissous dans cette eau – carbonates, bicarbonates et hydroxydes. Il importe d'éviter de la confondre avec le pH, qui est une échelle logarithmique indiquant si une solution est acide, neutre ou alcaline.

Plus l'alcalinité est élevée, plus l'eau devient résistante à une variation de la valeur de pH - l'alcalinité joue le rôle de tampon sur l'eau (voir la section sur le contrôle du pH). Un niveau d'alcalinité optimal est nécessaire pour une piscine – habituellement de l'ordre de 100 mg/l, mesurée comme carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .

Si, toutefois, l'alcalinité augmente à une valeur supérieure à 200 mg/l, elle peut rendre le réglage du pH plus difficile et provoquer la turbidité de l'eau.

Pour augmenter l'alcalinité de l'eau, on utilise du BICARBONATE DE SODIUM ( $\text{NaHCO}_3$ ). Celui-ci n'a que des effets négligeables sur le pH de l'eau, mais il relève son alcalinité.

D'autre part, le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) augmente l'alcalinité de l'eau, mais il augmente également sa valeur de pH.

De petites corrections fréquentes du niveau d'alcalinité sont préférables à des doses importantes introduites occasionnellement.

La réduction de l'alcalinité exige l'utilisation d'un acide. Ce dernier est normalement ajouté en profondeur dans la piscine, à l'état arrêté de la pompe, si bien que l'alcalinité est réduite par calcination, plutôt que de réduire simplement le niveau de pH.

## Dureté calcique

Les eaux d'approvisionnement sont souvent qualifiées "eau douce" ou "eau dure", ceci se rapporte à leur teneur en sels de calcium et de magnésium. Une eau douce présente normalement moins de 50 mg/l de ces sels, exprimés par la formule  $\text{CaCO}_3$ . Une eau dure contient plus de 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .

Une eau douce provoque des problèmes dans les piscines, car elle présente une "demande de calcium" et la recherche du calcium dans la structure de la piscine. Il s'agit alors notamment du scellement des carrelages, et même la surface en béton peinte n'échappe pas à l'attaque. Celle-ci provoque des fentes dans les carrelages, qui se délogent finalement en raison de l'érosion du ciment.

Il est par conséquent recommandé que la dureté calcique de l'eau de piscine soit établie à la première occasion possible et, si nécessaire, d'augmenter la concentration à une valeur minimale de 200 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  en introduisant du chlorure de calcium en flocons. Ce dernier est une matière très soluble et il importe noter qu'il ajoutera également des ions de chlorure à l'eau, il contribuera à la teneur en Matières Dissoutes Totales – voir aux pages 28 et 45. Des niveaux élevés de dureté calcique (jusqu'à 1000 mg/l) ont toujours été connus, tant que l'eau est équilibrée – voir page 46, il n'est pas préjudiciable. Il existe des suggestions affirmant qu'il confère à l'eau un certain scintillement et une couleur bleue foncée.

S'il est requis de réduire le niveau de dureté calcique, le seul moyen pour le faire consiste à évacuer une partie de l'eau et compléter l'eau de la piscine par de l'eau fraîche présentant une dureté naturelle moins élevée.

L'utilisation d'une matière filtrante dolomitique – voir page 9 – introduit également des ions de calcium dans l'eau de piscine, qui sont un apport bénéfique dans les régions d'eau douce.

## **Matières dissoutes totales (MDT)**

Les matières dissoutes totales correspondent à la somme des composés dissous – sels de dureté, agents chimiques de traitement etc. – présents dans l'eau. Son importance a été reconnue dans le courant des dernières années comme fournissant une indication pour savoir si la piscine devient saturée d'agents chimiques d'une manière ou d'une autre, et donc sur la durée de temps que l'eau a passé dans la piscine.

La valeur MDT se mesure par voie électronique comme la conductivité de l'eau, à laquelle est appliqué un certain facteur (généralement 0,7 environ) pour convertir cette conductivité en MDT exprimé en mg/l.

Une recommandation répandue pour la valeur MDT maximale dans une piscine est de 1.000 mg/l, mesurée sur l'eau d'alimentation (secteur). Donc, si l'eau d'alimentation présente un concentration MDT de 400 mg/l, la valeur maximale pour la piscine doit être de 1400 mg/l.

La réduction de la concentration en MDT ne peut se faire que par la dilution, qui doit être effectuée en priorité si l'eau atteint la valeur maximale absolue de 3000 mg/l, car, à ce niveau, l'eau peut :

- avoir un goût salé
- être conductrice et créer des conditions de corrosion
- avoir un aspect terne

## **Piscines spas (bains bouillonnants)**

Une piscine spa comprend un volume d'eau chaude relativement faible (35°C - 39°C), dans lequel les baigneurs sont assis contrairement à la natation. Elle est souvent circulaire et construite en matière plastique acrylique ou renforcée aux fibres de verre (GRP) ou en béton.

L'eau circule vers l'intérieur du spa à travers une batterie de buses disposées à intervalles réguliers sur le périmètre et vers l'extérieur à travers le collecteur principal ou les épurateurs. En alternative, la conception peut être de type à débordement, dans lequel l'eau s'écoule dans des canaux construits autour de la face extérieure de la coque. Dans ce type de spa également, il existe un point d'aspiration bas.

Il est essentiel que l'eau de recirculation soit nettoyée par un système de filtration adéquat et désinfectée par un traitement chimique approprié.

Les spas sont en majorité doté d'un système d'injection d'air, qui crée des turbulences dans l'eau ; en combinaison avec la température accrue, ce fait peut influencer l'efficacité de certains traitements.

**IMPORTANT** : tant qu'il y a de l'eau dans un spa, ce dernier doit être traité et testé, même si personne ne l'utilise, et des enregistrements écrits de ces traitements et tests doivent être conservés.

**REMARQUE** : une piscine de type spa se distingue d'un bain bouillonnant de type Whirlpool en ce que le second doit être vidé et nettoyé après chaque utilisation. Il ne possède pas de système de filtration et il n'est pas traité par des moyens chimiques.



## Capacité et charges de baigneurs des piscines spas

Chaque type de piscine spa a été construit pour contenir un nombre maximal de baigneur à un moment quelconque. Les recommandations consistent à prévoir une surface minimale de  $0,37 \text{ m}^2$  et un volume d'eau minimal de  $0,25 \text{ m}^3$  (55 gallons) pour chaque baigneur.

Il est également important de garantir que la charge de baigneurs maximale (nombre de baigneurs utilisant le spa par heure) n'est pas dépassée.

## Filtration

Le type de filtre le plus efficace pour les spa est le filtre à sable à forte charge. Un tel filtre peut filtrer 2 à 20 gallons d'eau par minute par pied carré de surface de filtre. Une dimension de particule de sable de 0,40 à 0,55 mm et une distribution effective sont les critères critiques pour un fonctionnement convenable de ce type de filtre.

En alternative, il est possible d'utiliser un filtre à terre de diatomée (DE) – voir la section Filtration à la page 9.

Dans les deux cas ci-dessus, les huiles corporelles et produits cosmétiques se détachant des baigneurs sous l'action de l'eau chaude et de l'aération sont collectés dans le milieu filtrant. Avec des filtres à sable, le lavage à contre-courant n'élimine pas la totalité du revêtement gras et, progressivement, toutes les particules de sable deviennent enduites, jusqu'au point où l'huile traverse simplement le filtre, et confère à l'eau de la piscine un léger aspect laiteux. Un remplacement régulier et annuel du sable empêchera l'apparition de ce phénomène.

Les filtres à cartouche sont très répandus dans les spas privés – voir la section Filtration à la page 9. Dans ces cas, les filaments textiles s'enrobage d'huile jusqu'au point de saturation, auquel l'huile les traverse, conférant également un aspect laiteux à l'eau de la piscine.

L'élément filtrant doit être démonté et nettoyé au moyen d'un nettoyeur approprié, il est ensuite adapté pour sa réutilisation.

## Traitement chimique

Dans un spa, la température accrue et les turbulences entraînent des pertes d'agents chimiques à la surface. Le chlore est plus volatile, présente une pression de vapeur plus élevée que le brome, par exemple, et ses pertes sont plus rapides. Cependant, il travaille plus rapidement que le brome et le temps de réponse après le dosage est plus rapide. Le brome est toutefois souvent préféré au chlore, car il est à la fois plus stable dans une eau chaude et plus facile à manipuler – voir pour le Brome à la page 19.

Les utilisateurs le favorisent dans les spas peu utilisés, alors que dans les installations de spas intensivement utilisées, le chlore est plus répandu.

L'eau de spa peut très rapidement s'associer aux chlores combinés et l'utilisation de l'ozone s'avère populaire pour maîtriser ce phénomène. De plus, l'ozone agit également comme un floculant, si bien que l'effet global est une qualité d'eau considérablement améliorée. L'ozone est également utilisé avec du brome pour permettre une utilisation très efficace du désinfectant – l'ozone oxyde le brome consommé et le convertit en brome utile.

Le traitement de l'eau aux rayonnements UV est également utile dans les spas. En détruisant les bactéries et autres polluants organiques, la désinfection continue au moyen de la lumière UV aide à assurer une eau de spa saine, mais un petit résiduel de chlore et de brome doit être maintenu à tout moment dans l'eau.

## Niveau de dosage

En règle générale, lorsque des désinfectants à base de chlore sont utilisés (sans ozone), un niveau de chlore libre de 3 à 5 mg/l devrait être maintenu dans l'eau de spa.

Dans le cas de désinfectants à base de brome, un niveau de 4 à 6 mg/l de brome total ou actif doit être maintenu dans l'eau.

Lorsque de l'ozone est utilisé en plus de la chloration, les niveaux de chlore libre doit toujours être maintenus au-dessus de 1 mg/l et de préférence entre 2 et 3 mg/l afin de garantir une désinfection convenable.

## Bilan d'eau (voir également à la page 48)

S'il est impératif de garantir la sécurité et le confort des baigneurs, le bilan d'eau et un niveau de désinfectant approprié, doivent être maintenus à tout moment dans l'eau de spa.

Le niveau d'alcalinité totale est probablement le paramètre le plus important devant être contrôlé après le désinfectant.

Lorsque le souffleur d'air fonctionne, l'eau de spa perd du dioxyde de carbone et provoque ainsi l'augmentation du pH, ce qui en retour entraîne la baisse de l'alcalinité. Dans les spas utilisés moyennement ou intensivement, il est utile de disposer d'une pompe de dosage programmable servant à introduire régulièrement des quantités d'une solution de bicarbonate de sodium. Cette mesure devrait maintenir l'alcalinité et, dans le même temps, stabiliser le niveau de pH.

## Critère opérationnel

La vitesse de renouvellement pour les spas s'exprime en minutes et se calcule sur la base de l'équation suivante :

$$\text{Vitesse de renouvellement (minutes)} = \frac{\text{Volume d'eau de spa (en gallons)}}{\text{Débit d'écoulement en GPM}}$$

Un temps de renouvellement convenable a une importance essentielle pour garantir une bonne qualité de l'eau. Un temps de renouvellement idéal suggéré est inférieur à 15 minutes pour les spas résidentiels et de 6 minutes pour les spas commerciaux, même en présence de charge baigneurs légère ou modérée.

Une norme industrielle en vigueur au Royaume-Uni impose que l'eau de spa soit remplacée chaque fois que le nombre de baigneurs est égal à la moitié de la capacité du spa en gallons, par exemple pour un spa de 500 gallons (2,3 m<sup>3</sup>), l'eau devrait ainsi être remplacée tous les 250 baigneurs. Pour une charge de baigneurs moyenne de 12 personnes par heure et pour une journée de 10 heures, ceci signifierait un déversement de l'eau de spa tous les 2 jours. Le lavage à contre-courant du filtre coïncide habituellement avec l'évacuation de l'eau, car, de toutes les façons, un lavage à contre-courant convenable du filtre demande d'utiliser la majeure partie de l'eau de spa. Pour les spas privés, nous recommandons un remplacement de la totalité du volume d'eau tous les 3 mois, peu importe que le spa soit peu utilisé.

Un système pour la dilution continue de l'eau au moyen d'une valve pilotée vers évacuation est utile et empêche que l'eau devienne éventée et sur-utilisée – donnant lieu à une valeur MDT élevée.

Bien que les normes européennes recommandent un volume de 30 litres par baigneurs, ceci peut être peu pratique et un système fonctionnant plus facilement serait un remplacement intégral de l'eau tous les jours ouvrables, à moins que la charge de baigneurs ne soit extrêmement faible.

## Paramètres indicatifs pour les spas domestiques et les bains à remous

EN 17125 Paramètre (extrait)	Valeur
Valeur de pH	6,8 à 7,6
Chlore actif libre (sans acide cyanurique) en mg/l	0,3 à 1,5
Chlore libre utilisé en combinaison avec de l'acide cyanurique en mg/l	1,0 à 4,0
Acide cyanurique en mg/L	max. 100
Brome en mg/l	2,0 à 4,0



# Équipements et méthodes d'essai de l'eau

## Remarques sur le prélèvement d'échantillons

Il est très important que l'échantillon d'eau de piscine ou spa destiné à l'analyse soit représentatif ; par conséquent :

- prélevez toujours l'échantillon au même endroit. L'endroit optimal est le point le plus éloigné du point de retour de l'eau nouvellement désinfectée et filtrée vers la piscine.
- prélevez l'échantillon à 300 mm environ au-dessous de la surface et à une faible distance du côté de la piscine.
- rincez toujours le conteneur de l'échantillon plusieurs fois avec l'eau avant de prélever l'échantillon qui sera utilisé pour l'essai.

## Analyse colorimétrique

Cette méthode d'analyse de l'eau est de loin le moyen le plus ancien et le plus simple pour déterminer les concentrations d'anions et de cations présents dans l'eau.

Dans son application à l'analyse de l'eau de piscine et spa, elle s'est imposée il y a bien un demi-siècle, par addition d'un réactif sélectif à un échantillon d'eau. Ceci génère la production d'une couleur dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en chlore dans l'eau.

Des étalons de couleurs ont été fabriqués, certains en matière plastique transparente, d'autres en verre, avec lesquels les solutions d'essai colorées étaient comparées, pour donner résultat d'un analyse.

Ces deux systèmes sont toujours utilisés de nos jours, les étalons de couleurs plastiques étant habituellement les kits d'essai les moins chers et les moins robustes, alors que les étalons de couleurs en verre tendent à être les kits d'essai les mieux conçus et les plus professionnels, développés pour les piscines publiques et les complexes de loisirs. C'est sur ce second type, les étalons en verre produits chimiquement, que nous, chez Lovibond®, travaillons essentiellement, et que nous produisons pour le marché de la piscine depuis plus de 60 ans à l'usine Tintometer à Amesbury. Couplés au très renommé comparateur Lovibond®, les disques de filtration en verre sont développés pour répondre aux changements de types et de formulations des réactifs afin de fournir une sensibilité visuelle maximale dans les analyses colorimétriques de l'eau.

Le système de comparateur Lovibond® a fait l'objet de mises à niveau et de perfectionnements continus, si bien qu'aujourd'hui, il offre à l'opérateur les meilleures caractéristiques globales pour une analyse visuelle précise :

- des étalons de couleurs en verre exactement calibrés, garantis sans évanouissement, même dans des conditions extrêmes.
- une unité de comparateur acceptant les disques de type cassette et assurant un emplacement parfait à tout moment, et doté d'une unité de prisme optique incorporée pour présenter les deux champs de vision – solution soumise à l'essai et étalon de couleur – à des positions adjacentes l'une de l'autre pour un rapprochement exact des couleurs.
- un système complet de réactifs basé sur des comprimés. Ils se sont avérés être les plus fiables et les plus consistants dans les préparations de réactifs – pour plus d'information, se référer à DPD, à la page 36.

Un point important qu'il convient de mentionner, et que les opérateurs perdent souvent de vue, est le fait que, pour obtenir des résultats exacts en utilisant ce type d'équipements, il est impératif de travailler dans des conditions de lumière correctes. Il est ainsi recommandé, dans l'hémisphère nord, d'utiliser la lumière du jour nord et, dans l'hémisphère sud, d'utiliser la lumière du jour sud. Si cela n'est pas possible, ou si l'essai est effectué par temps obscur, une armoire d'éclairage Lovibond® devrait être utilisée – soit portable, soit fonctionnant sur secteur. Une telle armoire offre une illumination de jour simulée et est préférable à la lumière par des lampes au tungstène ou fluorescentes, qui peuvent provoquer des erreurs.

## Analyse photométrique

La technologie moderne a mis le domaine de l'électronique à la disposition de l'analyse de l'eau de piscine et l'utilisation de photomètres portatifs se répand de plus en plus. Les photomètres sont des instruments qui font traverser un faisceau lumineux à travers la solution d'essai colorée, vers un photodétecteur. L'intensité de la lumière collectée est ensuite convertie par les composants microélectroniques en une valeur de concentration, qui s'affiche sur un afficheur numérique.

De plus, dans cette méthode d'analyse, il n'existe aucune comparaison de couleur pour l'opérateur et si la procédure d'essai est rigoureusement respectée et certains facteurs très importants sont respectés, les photomètres sont capables de livrer des résultats très exacts. Ces facteurs sont :

- le type correct de réactif utilisé – des qualités de comprimés de photomètres spéciaux sont souvent spécifiées.
- le réactif doit être totalement dissout, sans que des particules flottent dans la chambre d'essai.
- Il ne doit en aucun cas exister des bulles adhérant aux parois intérieures de la chambre d'essai.
- la chambre d'essai doit être sèche à l'extérieur, sans trace de doigts sur le verre.
- le compartiment de la chambre d'essai doit être dans un état propre et sec.



## Potentiel d'oxydoréduction (ORP)

Redox est un terme d'une mesure électronique permettant de parvenir à l'état d'équilibre entre les états oxydé et réduit d'une substance. Dans une piscine, il s'agit habituellement du chlore et la mesure est en millivolts (mV). Le résultat de mesure mV est connu sous le nom de **potentiel d'oxydoréduction ou potentiel redox**. Il n'est pas une mesure de la concentration des formes oxydées ou réduites du chlore, mais il indique l'état de la réaction.

Une augmentation du résultat de mesure en mV indique une augmentation de la concentration de la substance oxydante (chlore libre), mais la valeur mesurée n'est pas liée directement à la concentration du chlore libre.

Les contrôles du redox ne sont utilisés que pour fournir une estimation qualitative du chlore libre – une valeur mesurée de 700 mV indique ainsi approximativement 1 mg/l – et donnent ainsi une information utile sur la manière dont la qualité de l'eau est influencée par la charge des baigneurs.

Néanmoins, une réponse redox n'est pas linéaire et se plafonne rapidement au-dessus de 1,5 mg/l de chlore libre.

La réponse redox est très sensible aux variations du pH et à moins que le pH ne soit finalement contrôlé, le redox est très peu précis dans les applications de contrôle. La réponse d'électrodes redox est relativement lente après le démarrage, souvent dans une plage de 20 minutes, il faut donc attendre un certain temps pour que les valeurs mesurées se stabilisent.

Lorsque des instruments redox sont utilisés, il est important que les électrodes fassent l'objet d'une maintenance et d'un nettoyage fréquents. Pour cela, il faut démonter les électrodes et éliminer mécaniquement les impuretés. Les électrodes doivent ensuite être recalibrées à l'aide d'une solution de calibrage redox, rincées puis remises en place. Le test manuel du chlore libre dans l'eau de piscine reste important.

## Méthode ampérométrique

La méthode ampérométrique est une forme de mesure électrochimique et elle s'applique à la détermination de la concentration en chlore libre sous forme d'acide hypochloreux, comme il a été mentionné précédemment pour la forme "active" du chlore libre. D'autres méthodes mesurent aussi bien l'acide hypochloreux HOCl que l'ion hypochlorite OCl<sup>-</sup>.

Les analyseurs ampérométriques constituent la base des contrôleurs automatiques dans les grandes piscines, car ils sont capables de contrôler exactement le niveau d'acide hypochloreux dans l'eau. De plus, le temps de réponse des capteurs est rapide, garantissant un retard minimal dans le réglage du niveau de désinfectant. Les analyseurs ampérométriques sont beaucoup plus sensibles et tendent plus aux interférences externes que les testeurs redox. Ils mesurent en réalité un débit de courant faible, qui est proportionnel au nombre d'atomes de chlore déchargés à l'électrode en marche dans la chambre. Tout changement de la conductivité de l'eau influence ce phénomène, particulièrement dans une piscine spa, et à moins que les paramètres importants, l'alcalinité et le pH, soient contrôlés, avec une certaine forme de dilution continue, un système ampérométrique peut devenir très déséquilibré et inexact.

## Chlore

### OTO (orthotolidine)

L'orthotolidine (OTO) est utilisé depuis plus de 70 ans comme réactif colorimétrique pour le chlore. Il est facile à utiliser et produit en présence de chlore une couleur jaune instantanée. Néanmoins, vu les connaissances acquises sur le mécanisme du processus de désinfection au chlore et le fait qu'il existe plus d'un type de chlore résiduel, la composition chimique de l'OTO a été déclarée :



- DANGER : POISON
- RISQUE D'IRRITATION GRAVE DES YEUX ET DE LA PEAU
- PRODUIT CANCÉROGÈNE

Les chercheurs ont fait savoir que, lorsque des échantillons d'eau sont testés à des températures de piscine normales, le résultat indiqué par l'OTO était celui du chlore résiduel total, c'est-à-dire du chlore libre résiduel disponible plus le chlore combiné (le chlore qui s'est combiné à l'ammoniac pour former des chloramines).

Récemment, toutefois, la caractéristique de loin la plus problématique de l'OTO est sa toxicité. En Europe des années 70, son utilisation a été restreinte lorsqu'il a été classé dans un groupe d'amines aromatiques soupçonnés d'être cancérogènes (provoquant le cancer). Les ouvriers les manipulant sont soumis depuis cette époque à des examens médicaux fréquents et l'utilisation de l'OTO dans l'industrie des piscines est de plus en plus déconseillée – dans plusieurs pays, son utilisation est même interdite.



REACH (Règlement européen concernant l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques) est la législation obligatoire valable dans tous les États membres de l'Union européenne.

L'OTO a été classé comme produit cancérogène du groupe 1B. Cela signifie qu'il est soupçonné de provoquer le cancer et il est mentionné dans l'annexe XVII du règlement REACH.

Le fait d'être mentionné dans l'annexe XVII signifie que tous les produits contenant de l'OTO (> 0,1%) ne peuvent être distribués qu'aux utilisateurs professionnels de l'UE dans le but de la recherche et du développement.

Même les exigences spéciales en matière de sécurité doivent être remplies.

## Détermination du chlore libre et du chlore total au moyen de DPD selon la norme DIN EN ISO 7393-2

La norme DIN EN ISO 7393-2 décrit la manière de procéder au contrôle de routine du chlore sur base de la variation de couleur du DPD (N,N-diéthyle-1,4-phénylènediamine). La couleur obtenue est évaluée par comparaison visuelle ou par mesure photométrique. Cette méthode est connue sous le nom de méthode DPD 1 pour la détermination du chlore libre.

Si la méthode DPD 1 est mentionnée lors de la détermination du chlore, il est présupposé que les principes de la norme DIN EN ISO 7393-2 sont respectés. Que signifie DIN EN ISO 7393-2 et quelle influence cette norme a-t-elle sur les produits DPD 1 disponibles dans le commerce ?

De manière générale, cette norme décrit les trois principaux éléments de la détermination du chlore à l'aide de DPD :

- 1) Un tampon phosphate (pH 6,5) permet de garantir que le pH se situe entre 6,2 et 6,5 pendant la détermination afin de ne pas fausser les résultats.
- 2) Du sulfate DPD est utilisé en tant qu'indicateur.
- 3) De l'iodure de potassium est utilisé en tant que réactif auxiliaire pour procéder à la détermination du chlore total.

### Détermination du chlore selon la norme

La norme décrit avec précision la fabrication des différentes solutions de ces trois éléments et permet l'utilisation de réactifs prêts à l'emploi disponibles dans le commerce sous forme de poudre ou de pastilles. Dans la préface allemande, il est explicitement indiqué que l'utilisation de divers réactifs disponibles dans le commerce peut livrer des résultats différents. L'utilisateur se voit ainsi dans l'obligation de vérifier la compatibilité des réactifs du commerce sélectionnés sur la base des données de validation mentionnées dans la norme.

Les associations entre solutions tampon et DPD en tant que réactif DPD 1 et DPD avec iodure de potassium en tant que réactif DPD 3 sont disponibles depuis de nombreuses années dans le commerce et se sont établies comme une norme internationale.

Sur le marché, le DPD 1 et le DPD 3 sont des réactifs que l'on trouve sous forme liquide, de pastilles ou de poudre. Pour répondre aux exigences de la norme, les réactifs DPD doivent être mélangés à des adjuvants et additifs inertes (qui



n'ont aucune influence sur la détermination), qui permettront de garantir leur durabilité ainsi qu'un dosage précis. Les fabricants desdits réactifs doivent s'assurer qu'ils satisfont toujours à la norme DIN EN ISO 7393-2, même lorsque les exigences ne sont pas spécifiquement formulées.

## Le titrage montre des différences

Le tampon versé dans le réactif doit permettre de garantir le respect du pH et prévenir les faux-résultats dans tous es échantillons, qu'ils soient acides ou basiques ou qu'ils contiennent des concentrations élevées en sel.

Les courbes de titrage des réactifs disponibles dans le commerce donnent une indication métrologique quant au respect des obligations imposées à la solution tampon dans le sens de la norme DIN ERN ISO 7393-2.

Le titrage consiste à ajouter de l'acide ou une base dans un liquide et d'en mesurer ensuite le pH. La solution tampon veille à ce que malgré cet ajout, le pH ne change pratiquement pas.

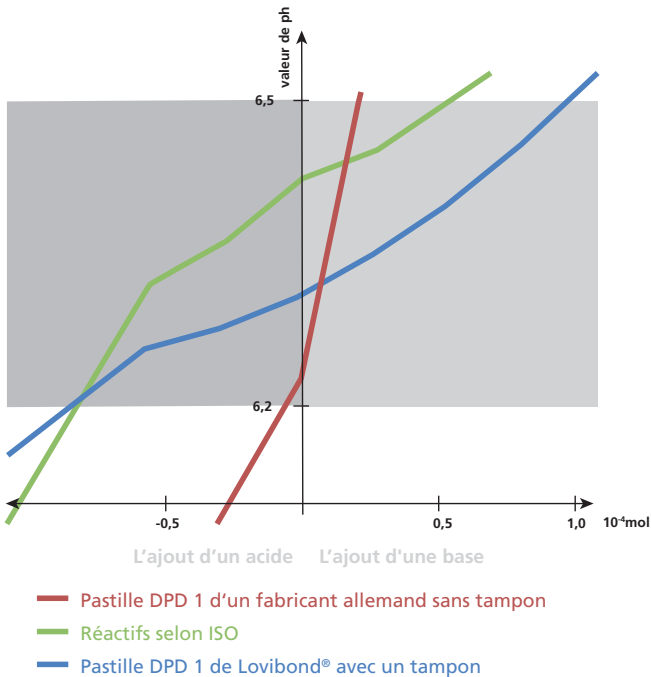
Une courbe marquée, indiquant une modification importante du pH dès un ajout faible, montre que le dosage de la solution tampon est insuffisant (pas d'illustration).

Dans ce cas, des imprécisions de mesure résultant des légères variations de pH au sein du bassin sont plus que probables.

Une telle mesure fournit des résultats imprécis et ne satisfait donc pas aux exigences d'une norme.

Plus un réactif est tolérant à l'ajout d'un acide ou d'une base, plus la plage de travail dans laquelle la détermination du chlore peut s'effectuer est grande.

L'omission d'une solution tampon est un défaut de qualité important, vu qu'elle entraînera l'obtention de valeurs de mesure imprécises et erronées. C'est pourquoi, lors de l'achat de réactifs DPD, il faut s'assurer du fait que ces réactifs satisfont bien à cette exigence imposée par la norme.



## DPD (N, N-diéthyl-p-phénylène diamine)

Heureusement, une alternative satisfaisante et sûre à l'OTO a été lancée vers la fin des années 50 par le docteur A. T. Palin en Angleterre, qui a découvert que le réactif sulfate de diamine-NN-diéthyle-p-phénylène pouvait être utilisé pour, sélectivement, générer une couleur en présence de chlore libre résiduel. Nous connaissons tous ce réactif sous le nom DPD et il est aujourd'hui accepté dans bon nombre de normes nationales et internationales pour l'analyse de l'eau potable. Il en ressort donc que le DPD est approprié pour la surveillance de l'eau de piscine. Le réactif lui-même est généralement disponible sous trois formes différentes : sous forme liquide, en comprimés et sous forme de poudre.

Avec du DPD liquide, il importe de prendre des précautions pour le stockage, car il se détériore s'il est exposé à la lumière. De plus, il n'est stable que dans une solution acide, il faut donc utiliser un réactif séparé composé d'une solution tampon alcaline pour garantir que le pH correct sera généré dans la solution d'essai (environ 6,3) pour que l'intensité maximale de la couleur (rouge) se développe.

La forme la plus répandue du réactif chez les exploitants de piscines est la forme en comprimés. Ces dernières sont emballées sous feuilles aluminium, ce qui leur confère une longue durée de vie en stockage ; combinée aux techniques de production garantissant une formulation exacte, cette caractéristique fait du produit le plus fiable et le plus cohérent des réactifs d'essai.



### Chimie Verte

Tous les Lovibond® réactifs déterminés pour l'utilisation dans le domaine des piscines sont exempts d'acide borique. L'acide borique est classifié par l'UE comme toxique pour la reproduction. Les pastilles DPD N° 1 Lovibond® garantissent en même temps l'effet tampon suffisant prescrit par la norme.



Avantages des réactifs en comprimés par rapport aux liquides :

- Manipulation facile
- Dosage facile – un par test
- longue durée de vie en stockage
- pas de problèmes de stockage



Liquides



Pastilles



Poudre

## Mécanisme du test au DPD

Deux comprimés DPD sont fréquemment utilisés dans l'analyse de l'eau de piscine et de spa :

DPD No.1 – mesure le chlore libre résiduel,

DPD No.3 – s'utilise en combinaison avec le comprimé No.1 et mesure le chlore résiduel total à partir duquel se calcule le chlore combiné.

## Chlore libre résiduel

Le comprimé de DPD No.1, qui contient le NN-diéthyle-p-phénylène-sulfate de diamine, confère une couleur qui est spécifique au chlore libre, et cette couleur est mesurée par des moyens soit colorimétriques, soit photométriques :

Une cuvette propre est rincée à l'eau devant être testée, puis vidée.

Ensuite, un comprimé DPD No.1 est ajouté et écrasé à l'aide d'une baguette d'agitation. L'échantillon d'eau est alors ajouté, puis la cuvette est remplie jusqu'à la marque 10 ml.

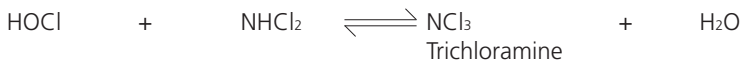
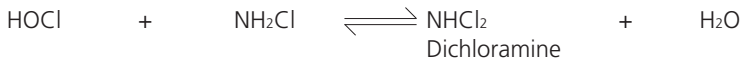
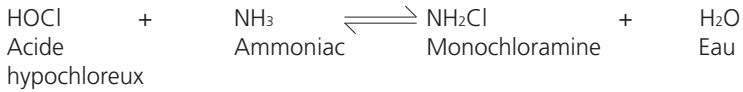
La solution doit ensuite être mélangée à l'aide de la baguette d'agitation, jusqu'à ce que le comprimé soit complètement dissout. Ensuite, il faut poser le couvercle sur la chambre d'essai.

La couleur doit ensuite être mesurée immédiatement pour déterminer le chlore libre contenu dans l'eau, en mg/l (ppm).



## Chlore combiné (chloramines)

Chlore combiné est le nom général donné aux dérivés du chlore, qui sont produits lorsque le chlore libre réagit avec les composés azotés, comme l'ammoniac et l'urée provenant des baigneurs.



Ce sont les produits de réactions du chlore qui sont responsables de la majeure partie des plaintes exprimées par les baigneurs, à savoir les irritations de la peau et des yeux.

Le trichloramine, appelé plus communément trichlorure d'azote, qui est généré dans la dernière réaction, est un composé instable et volatil, il se dégage à la surface de la piscine sous forme de gaz d'une odeur nauséabonde. De plus, il est un irritant extrêmement grave pour les yeux. La réaction chimique ne s'exécute pas complètement à des valeurs de pH supérieures à 5, donc seules des quantités très faibles sont produites, s'il y en a.

Les deux chloramines les plus intéressants pour nous sont le monochloramine et le dichloramine. Dans le contexte du test au DPD, ils sont habituellement déterminés à l'aide du comprimé DPD No.3 :

La cuvette contenant le comprimé DPD No.1 dissout – à partir du test de chlore libre – doit être sortie de l'instrument ; ajouter ensuite un comprimé de DPD No.3 et mélanger au moyen d'une baguette d'agitation pour dissoudre le comprimé. Ensuite, laisser reposer la chambre d'essai **pendant 2 minutes** pour permettre une réaction complète du chlore combiné (monochloramine et dichloramine).

La cuvette doit ensuite être remise en place dans l'instrument, puis mesurer à nouveau la couleur. Le résultat indique le chlore total en mg/l.

Pour obtenir le résultat pour le chlore combiné, appliquer l'équation suivante :  
chlore combiné = chlore total – chlore libre

Avis important : Le comprimé DPD No.3 contient de l'iodure de potassium, qui, même en traces les plus infimes, provoque la réaction du chlore combiné présent dans l'échantillon. Il est d'une importance essentielle de rincer soigneusement la cuvette et le couvercle après utilisation de ce comprimé et avant d'exécuter un autre test de chlore libre ; dans le cas contraire, l'essai peut conduire à une valeur de chlore libre erronée.

Pour éliminer ce problème, quelques exploitants de piscine préfèrent utiliser des cuvettes différentes pour le test de chlore et le test de chlore total, et transfèrent le liquide de la cuvette de chlore libre dans une cuvette différente, propre, à laquelle est ajoutée le comprimé de DPD No.3, évitant ainsi toute contamination de la première chambre d'essai par l'iodure.

## Interprétation des résultats

La valeur mesurée de chlore libre ( $\text{HOCl}$  et  $\text{OCl}^-$ ) est la plus importante de tous les tests de piscines. La recommandation générale prévoit au moins 1 mg/l de chlore libre devant être présent à tout moment dans l'eau de la piscine (plus, si de l'acide cyanurique est utilisé : voir page 17).

D'autre part, il est également important que le rapport de la concentration de chlore libre à celle du chlore combiné soit de 2:1 au moins. Par exemple, si la concentration de chlore libre est de 1,5 mg/l, la concentration de chlore combiné devrait être 0,75 mg/l ou moins.

Dans les piscines de type spa, avec leurs températures élevées, leurs turbulences importantes et les charges de matières organiques importantes découlant d'une utilisation intensive, une concentration en chlore libre résiduel de 3 – 5 mg/l devrait être maintenue.

Dans tous les cas, il est souhaitable que la concentration en chlore combiné soit inférieure à 1 mg/l tant que cela est pratiquement possible.

## Brome

Le test de brome est très semblable à celui du chlore, car il utilise également le comprimé DPD No.1.

Il est toutefois différent en ce sens que dans le test de brome, le comprimé ne répond pas seulement au Brome libre, mais aussi à tout Brome combiné – bromamines – pouvant être présent. Comme l'a montré la discussion précédemment, ces composés sont des désinfectants efficaces à part entière, à la différence des chloramines, qui n'ont qu'un faible de pouvoir de désinfection.

Nous disons par conséquent que le test au DPD No.1 mesure le brome total ou le brome actif.

Les niveaux de brome mesurés par le comprimé DPD No.1 devraient être de 4 à 6 mg/l. Ceci s'applique aussi bien aux piscines qu'aux spas. La procédure de mesure est la suivante :

Une cuvette propre est rincée à l'eau devant être testée, puis vidée.

Ensuite, un comprimé de DPD No.1 est ajouté et écrasé à l'aide d'une baguette d'agitation. L'échantillon d'eau est alors ajouté, puis la cuvette est remplie jusqu'à la marque 10 ml.

La solution doit ensuite être bien mélangée à l'aide de la baguette d'agitation, jusqu'à ce que le comprimé soit complètement dissout, puis fermer la cuvette avec le couvercle.

La couleur produite doit ensuite être mesurée pour déterminer la concentration en brome total mg/l.

Bien qu'il ne soit pas strictement nécessaire de surveiller la formation de brome combiné de jour en jour, il est une idée judicieuse de séparer occasionnellement le brome total en brome libre et en brome combiné, comme avec le chlore. Il est souhaitable d'avoir un rapport du brome libre au brome combiné de 2:1. Pour l'obtenir, on utilisera un comprimé de nitrite DPD :

Préparer une cuvette propre et écraser un comprimé de DPD No.1 au fond de la cuvette – gardez-la sans eau.

Rincer une autre cuvette, puis remplissez-la jusqu'à la marque 10 ml avec l'échantillon d'eau, ajoutez enfin un comprimé de nitrite DPD.

Ecrasez et mélanger pour dissoudre en utilisant une baguette d'agitation propre.

Ajoutez le contenu de la cuvette dans la cuvette vide contenant le comprimé de Nitrite DPD No.1 écrasé. Mélangez soigneusement pour dissoudre les particules de comprimé.

Mesurez la couleur produite, qui vous indique la concentration en brome combiné en mg/l.

Pour obtenir la concentration en brome libre, soustrayez le résultat obtenu pour le brome combiné de celui du brome total.

## Valeur pH

Comme nous l'avons vu, la mesure et le contrôle du pH sont d'une importance essentielle dans toute piscine ou spa si l'on veut maintenir la valeur dans la plage souhaitée. Pour les piscines intensivement utilisées, la valeur du pH devrait être mesurée continuellement et réglée automatiquement ; pour d'autres piscines, il suffira de mesurer la valeur du pH régulièrement et de ne procéder au réglage que si cela est nécessaire.

Les mesures de pH, dans ces cas, s'effectuent à l'aide d'indicateurs colorimétriques, celui utilisé à l'échelle mondiale étant le rouge de phénol.

Ce dernier offre une bonne variation de couleur, du jaune au rouge, sur la gamme de pH 6,8 à 8,4, ce qui le rend idéal pour la surveillance de l'eau de piscine et de spa, dont la valeur devrait être située autour du milieu de la plage précédente.

L'essai peut être effectué avec des comprimés ou du liquide de rouge de phénol, mais dans le cas du second, il est nécessaire d'utiliser un liquide de déchloration/débromination séparé pour empêcher que le désinfectant réagisse avec l'indicateur et change sa couleur. Le réactif en comprimés contient ce déchloration/débrominateur comme ingrédient dans la formulation. Le rouge de phénol sous forme de comprimés est également beaucoup plus stable que le liquide et il est plus facile à utiliser :

Remplir une cuvette rincée au préalable jusqu'à la marque de 10 ml et ajouter un comprimé de rouge de phénol.

Écraser ce comprimé et le mélanger soigneusement pour le dissoudre en utilisant une baguette d'agitation.

La couleur générée doit être comparée soit visuellement, soit dans un photomètre, pour avoir la valeur de pH de l'échantillon.

Remarque : Si la couleur produite est violette lors de l'essai d'un échantillon d'eau bromée, ceci sera habituellement un signe que la concentration en brome est supérieure à 10 mg/l.

La valeur de pH de l'eau de piscine ou de spa revêt une importance majeure pour

que les désinfectants à base de chlore fonctionnent correctement et efficacement. La recommandation normale est que la valeur pH soit maintenue entre 7,2 et 7,6, la valeur cible étant de 7,3 à 7,5, plage dans laquelle la désinfection est plus efficace. Pour les piscines et les spas utilisant des désinfectants à base de brome, la plage acceptable sera plus large, de 7,2 à 7,8. La raison de ce fait est que l'efficacité de la désinfection est préservée au-delà de cette plage.

## Alcalinité totale

Une alcalinité à des niveaux inférieurs à 50 mg/l peut provoquer un "saut de pH", qui signifie des variations importantes de la valeur pH en réponse à des variations des niveaux de dosage du désinfectant et/ou des agents de correction du pH.

Pour éviter ce phénomène, le niveau d'alcalinité dans une piscine ou un spa devrait se baser sur le type de désinfectant utilisé :

Désinfection au chlore gazeux : 180 – 200 mg/l

Désinfection à l'hypochlorite de sodium : 120 – 150 mg/l

Désinfection à l'hypochlorite de calcium : 80 – 120 mg/l

L'addition de bicarbonate de sodium est nécessaire pour augmenter l'alcalinité totale – une quantité de 1,5 kg pour 50 m<sup>3</sup> (11.000 gall) augmente l'alcalinité totale TA de 15 mg/l.

Si elle est excessivement élevée – plus de 200 mg/l, utiliser du bisulfate de sodium – une quantité de 2,4 kg pour 50 m<sup>3</sup> (11.000 gall) réduit l'alcalinité totale TA de 20 mg/l.

### EN ALTERNATIVE

10 litres d'acide chlorhydrique en concentration de 15% (acide muriatique) réduisent l'alcalinité totale TA de 20 mg/l.

Le test d'alcalinité totale est assez simple, il utilise soit des réactifs liquides dans une méthode de titration, soit des réactifs en comprimés dans une méthode de comptage des comprimés.

Dans la méthode au liquide, quelques gouttes d'un indicateur colorimétrique sont ajoutées dans un volume mesuré de l'échantillon. Une solution titrée est ensuite ajoutée au goutte à goutte jusqu'à ce que l'indicateur change de couleur. On compte ensuite le nombre de gouttes de la solution titrée ajoutées, un calcul simple permet de déterminer l'alcalinité totale en mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

Une méthode beaucoup plus simple consiste à utiliser des Comprimés d'alcalinité totale Lovibond®. Cers derniers doivent être ajoutés une par une dans un volume de 50 ml d'eau de piscine ou de spa. La couleur initialement générée est jaune, puis elle passe au rouge clair à la fin de la réaction. On compte ensuite le nombre de comprimés utilisés et effectue le calcul selon la formule :

(Nombre de comprimés x 40) - 20 = alcalinité totale en mg/l CaCO<sub>3</sub>

Si une précision plus élevée est requise, il convient de doubler le volume de l'échantillon à 100 ml, la formule devient alors :

(Nombre de comprimés x 20) - 10 = alcalinité totale en mg/l CaCO<sub>3</sub>

## Dureté calcique

Si la dureté calcique dans une piscine est inférieure à, par exemple 70 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , l'eau aura tendance à devenir corrosive vis-à-vis de la structure de la piscine et présentera une "demande de calcium". Dans le cas idéal, le niveau devrait être relevé à 200 mg/l au moins par addition de flocons de chlorure de calcium – 1,5 kg ajoutés à 50 m<sup>3</sup> (11.000 gall) d'eau de piscine augmenteront la dureté calcique de 20mg/l.

Le test du niveau de dureté calcique peut être photométrique, mais il est effectué plus souvent selon la méthode du comptage par comprimés :

Les comprimés de dureté calcique Lovibond® sont ajoutés une par une à un volume d'eau de piscine ou de spa de 50 ml. La couleur initialement générée est rose saumon et passe au violet à la fin de la réaction. On compte ensuite le nombre de comprimés utilisés et effectue le calcul selon la formule :

(Nombre de comprimés x 40) - 20 = dureté calcique en mg/l de  $\text{CaCO}_3$

## Ozone

L'ozone est un gaz toxique et, par conséquent, il doit être éliminé de l'eau, notamment dans les grandes installations, avant qu'il ne soit réintroduit dans la piscine après le traitement.

Pourtant, dans les piscines de type spas, de petites quantités sont générées pour combattre les produits oxydables produits, à savoir les chlores combinés etc., ce qui signifie que l'ozone est rarement réintroduit dans le spa lui-même. Quelque soit le cas, la concentration d'ozone dans l'atmosphère au-dessus de l'eau de spa ne devrait jamais dépasser 0,1 ppm.

Le test d'ozone dans l'eau peut être effectué selon la méthode DPD.



## Méthode DPD pour l'ozone

- Ozone en l'absence de chlore ou de brome résiduel : Rincer une cuvette avec l'échantillon et la laisser vide.

Ajouter soit [un comprimé de DPD No.1 et un comprimé de DPD No.3], ou (un comprimé de DPD No.4) et l'écraser en utilisant une baguette d'agitation propre.

Ajouter l'échantillon d'eau jusqu'à la marque 10 ml et mélanger soigneusement au moyen de la baguette d'agitation pour dissoudre le(s) comprimé(s).

Comparer la couleur produite soit par colorimétrie, soit par photométrie, et enregistrer la valeur mesurée comme résiduel d'ozone en mg/l – appelez cette valeur mesurée valeur A.

- Ozone en présence de chlore ou de brome résiduel :

Suivre la procédure ci-dessus, la valeur mesurée correspond maintenant à l'ozone plus le chlore ou le brome total résiduel.

La seconde procédure est la suivante :

Rincer la cuvette et la remplir jusqu'à la marque 10 ml.

Ajouter un comprimé de DPD Glycine, l'écraser et le mélanger pour le dissoudre en utilisant la baguette d'agitation propre.

Rincer une seconde cuvette avec l'échantillon et la laisser vide.

Ajouter soit [un comprimé de DPD No.1 et un comprimé de DPD No.3], ou (un comprimé de DPD No.4) et l'écraser en utilisant la baguette d'agitation.

Ajouter la solution dans la première cuvette et mélanger soigneusement pour dissoudre le(s) comprimé(s).

Comparer la couleur produite soit par colorimétrie, soit par photométrie, et enregistrer la valeur mesurée comme chlore ou brome total en termes d'ozone en mg/l – appelez cette valeur mesurée valeur B.

Pour obtenir la concentration d'ozone, soustraire la valeur mesurée B de la valeur mesurée A.

## Chlorure

Dans les piscines fonctionnant en permanence avec une désinfection à l'hypochlorite de sodium, la formation de chlorures peut devenir un problème. De plus, la correction du pH avec de l'acide chlorhydrique (acide muriatique) ajoute du chlorure à l'eau.

Des niveaux de chlorure élevés peuvent conférer un goût salé à l'eau, de même qu'une couleur et une clarté insuffisantes. Les niveaux sont acceptables jusqu'à 1.00 mg/l environ, ils peuvent être réduits par un lavage à contre-courant fréquent des filtres et/ou par addition d'eau fraîche.

Évidemment, le niveau de chlorure sera beaucoup plus élevé que 1.000 mg/l dans une piscine fonctionnant avec du sel pour la génération électrolytique de chlore. Dans ce cas, la concentration en chlorure sera de 2.500 mg/l environ sous la forme Cl ou 4000 mg/l sous la forme NaCl.

Le test de chlorure est une opération bien simple avec les comprimés de chlorure Lovibond® utilisés selon la méthode de comptage par comprimés.

Dans une plage de 0 - 1000 mg/l comme Cl, doser un échantillon d'eau de 10 ml dans un conteneur propre et y ajouter environ 40 ml d'eau sans chlorure (déionisée). Ajouter un comprimé de chlorure et agiter pour le dissoudre. La solution adopte une couleur jaune.

Continuer à ajouter des comprimés un par un jusqu'à ce que la couleur passe au marron. Compter le nombre total de comprimés utilisés et appliquer la formule :

(Nombre de comprimés x 100) - 100 = chlorure en mg/l Cl

Dans une plage de 0 - 5000 mg/l comme Cl, doser un échantillon de 2 ml dans un conteneur propre et y ajouter environ 40 ml d'eau sans chlorure (déionisée).

Ajouter un comprimé de chlorure et comme ci-dessus indiqué. Appliquer finalement la formule suivante :

(Nombre de comprimés x 500) - 500 = chlorure en mg/l Cl

Pour convertir le résultat en mg/l de chlorure de sodium NaCl, multiplier par 1,6.



## Sulfate

Il est de plus en plus manifeste que des niveaux de sulfate élevés peuvent provoquer des dommages graves dans le béton des piscines, car ils attaquent les matériaux à base de ciment. Dans les carrelées, le sulfate attaque le scellement des carrelages et provoque l'effritement et l'expansion du ciment. Ceci, en fin de compte, peut entraîner la chute des carrelages de la paroi et du fond de la piscine.

Le sulfate est introduit dans l'eau par l'utilisation de bisulfate de sodium (acide sec) pour la correction du pH et de sulfate d'aluminium comme flocculant. Le problème peut apparaître plus probablement dans les piscines intensivement utilisées, utilisant des donneurs de chlore alcalins, tels que l'hypochlorite de calcium ou de sodium.

Une valeur maximale recommandée pour le sulfate dans l'eau de piscine est de 360 mg/l. Cette recommandation ne peut être réduite que par l'évacuation d'une partie de l'eau, devant alors être remplacée par de l'eau fraîche.

Une méthode turbidimétrique simple est disponible pour la surveillance des niveaux de sulfate, elle consiste à ajouter à l'eau un comprimé de réactif dans un assemblage spécial à double tube.

Tout sulfate présent dans l'eau génère une solution trouble, qui doit être mesurée en déplaçant le tube intérieur jusqu'à ce qu'un point noir imprimé sur la base du tube devienne invisible. Le résultat peut alors être lu sur l'échelle figurant sur le côté du tube extérieur.

Cet assemblage de tube est également utilisé pour le test turbidimétrique de l'acide cyanurique.

## Acide cyanurique

(voir aussi page 17 & 18)

La présence d'acide cyanurique dans l'eau de piscine a son origine dans l'utilisation d'isocyanurates chlorés comme désinfectants - voir à la page 17.

Dans le processus de désinfection, le chlore est consommé, mais la molécule d'acide cyanurique reste, et, avec le temps, elle peut jusqu'à une concentration capable de provoquer ce qui est connu sous le nom de blocage du chlore dans la piscine.

Le blocage du chlore apparaît habituellement lorsque la concentration en acide cyanurique dans l'eau de piscine atteint des niveaux de 150 mg/l et plus. L'eau elle-même a un aspect terne et sans vie et une teinte verdâtre, et même malgré que le comprimé de test de chlore libre DPD No.1 donne encore un bon résultat – l'eau est devenue "sur-stabilisée" et le chlore y est bloqué.

Un temps très chaud et des périodes sèches prolongées avec, éventuellement, le rationnement de l'eau, encouragent des niveaux accrus d'acide cyanurique dans les piscines traitées avec des isocyanurates chlorés.

Un niveau de 30 - 50 mg/l est satisfaisant pour la stabilisation et si le niveau devait augmenter au-dessus de 100 mg/l, il est recommandable de le réduire en évacuation une partie de l'eau et en la remplaçant par l'eau fraîche.

Il peut s'avérer nécessaire de faire un dosage de choc de la piscine avec du chlore libre pour anéantir une quelconque croissance d'algues qui pourrait avoir eu lieu. Dans ce cas, il est important d'utiliser de l'hypochlorite, sois de sodium, sois calcium, pas mais de chlore stabilisé (dichlore ou trichlore).

Une méthode turbidimétrique simple est disponible pour la surveillance des niveaux d'acide cyanurique ; en alternative, un photomètre au prix abordable est proposé, il effectue le test en même temps que celui du chlore et du pH.

Le test turbidimétrique est le suivant :

Ajouter le réactif en comprimés dans l'échantillon d'eau, dans un assemblage spécial à deux tubes. Tout acide cyanurique présent dans l'eau génère une solution trouble, qui doit être mesurée en déplaçant le tube intérieur jusqu'à ce qu'un point noir imprimé sur la base du tube devienne invisible. Le résultat peut alors être lu sur l'échelle figurant sur le côté du tube extérieur.



## **Matières dissoutes totales (MDT)**

La teneur en matières dissoutes totales dans l'eau de piscine ou de spa est une mesure de la quantité totale de matières solides dissoutes dans l'eau.

Dans l'eau de réseau, ces dernières comprennent des sels de dureté et d'autres sels naturels, dont le niveau dépend de la source d'alimentation, mais ce niveau est généralement compris dans la plage 50 - 500 mg/l

Le niveau de MDT augmente progressivement dans une piscine en raison de l'évaporation et de la concentration de sels de dureté, des impuretés introduite par les éléments naturels, le vent et la pluie, et des agents chimiques ajoutés à l'eau comme parties du processus de traitement – par exemples les chlorures et les sulfates.

L'importance réelle de la mesure de la teneur en MDT est qu'elle peut indiquer si trop de produits chimiques ont été ajoutés à l'eau en raison d'une charge de baigneurs très lourde ou d'un manque de dilution et si l'eau devient de plus en plus "viciée".

Elle devrait être surveillée par comparaison entre l'eau de piscine et d'alimentation du réseau, introduite dans la piscine. Dans le cas idéal, il ne faut pas permettre l'augmentation des MDT au-delà de 1000 mg/l par rapport à l'eau de réseau, ceci jusqu'à une valeur maximale de 3000 mg/l.

Si, des fois, il devient nécessaire de réduire le niveau MDT, ce travail se fera par remplacement d'une partie de l'eau de la piscine par de l'eau fraîche. Dans certaines piscines, il est possible de maintenir un niveau MDT satisfaisant par le lavage à contre-courant des filtres.

La mesure s'effectue au moyen d'un appareil de mesure électronique, qui relève réellement une valeur de la conductivité de l'eau ; un facteur interne est ensuite appliqué à la valeur mesurée pour afficher la concentration MDT en mg/l.

## **Eau équilibrée (indice de Langelier)**

Lorsqu'une eau est équilibrée, elle est dite être ni corrosive, ni incrustante. En d'autres termes, cette eau ne dépose pas de couches d'incrustations de calcium, ni dissout une couche incrustée existante éventuellement.

Pour la majeure partie des piscines convenablement exploitées, l'eau sera équilibrée si la valeur de pH est maintenue au sein de la plage recommandée, mais il conviendra de prendre en compte d'autres facteurs pouvant influencer sur l'état de l'eau. Ces facteurs sont l'alcalinité totale, la dureté calcique, la teneur en MDT et, finalement, la température de l'eau. La concentration en chlore ou en brome n'apparaît pas dans le Calcul de l'eau équilibrée.

La formule servant à déterminer si l'eau est équilibrée a été développée par Langelier dans les années 30, si bien que le résultat, après application de la formule, est souvent appelé Indice de Langelier ou Indice de saturation de Langelier ou, plus simplement, Calcul de l'eau équilibrée.

Pourquoi l'équilibre est-il si important ? Parce que s'il n'est pas correct, la corrosion et l'érosion sont possibles.

La corrosion et l'érosion ont trois causes majeures :

- attaque galvanique
- eau agressive
- faible dureté calcique.

L'attaque galvanique apparaît lorsque deux ou plus de métaux dissemblables se retrouvent à proximité immédiate les uns des autres dans un milieu d'eau (piscine ou spa), qui contient des niveaux élevés de sels chimiques ou MDT. La présence de chlorures stimule la conductivité de l'eau. Pour empêcher ce phénomène, il est possible de réduire la teneur en matières dissoutes totales (MDT) ou d'augmenter le niveau de dureté calcique, si bien qu'une mince couche d'incrustation se dépose pour inhiber l'efficacité du métal comme électrode. Des niveaux de chlorures faibles empêchent que l'eau joue le rôle d'un électrolyte.

Une dureté calcique faible entraîne souvent la perte de coulis tout autour des carrelages, car l'eau tente de satisfaire sa demande de calcium.

Il est par conséquent nécessaire de maintenir les MDT à des niveaux sensibles (de préférence pas plus de 1000 mg/l au-dessus du niveau de l'eau de réseau) et de maintenir un niveau adéquat de dureté calcique dans l'eau (autour de 200 mg/l au moins).

La formule pour le calcul de l'Indice de Langelier est la suivante :

pH + facteur de température + facteur d'alcalinité + facteur de dureté calcique – facteur MDT

Cette formule est appliquée par utilisation du tableau ci-après pour obtenir les facteurs depuis le résultat d'essai actuel pour l'alcalinité totale, la dureté calcique et les MDT.

Température		T.F.	Dureté calcique mg/l	C.F.	Alcalinité totale mg/l	F.A.	Total des solides dissous	Facteur
°C	°F		de CaCO <sub>3</sub>		de CaCO <sub>3</sub>		Solides mg/l	
0	32	0,0	5	0,3	5	0,7	0	12,0
3	37	0,1	25	1,0	25	1,4	-	-
8	46	0,2	50	1,3	50	1,7	1000	12,1
12	53	0,3	75	1,5	75	1,9	-	-
16	60	0,4	100	1,6	100	2,0	2000	12,2
19	66	0,5	150	1,8	125	2,1	-	-
24	76	0,6	200	1,9	150	2,2	3000	12,25
29	84	0,7	250	2,0	200	2,3	-	-
34	94	0,8	300	2,1	300	2,5	4000	12,3
41	105	0,9	400	2,2	400	2,6	-	-
53	128	1,0	600	2,35	800	2,9	5000	12,35
-	-	-	800	2,5	1000	3,0	-	-
-	-	-	1000	2,6	-	-	6000	12,4

En termes pratiques, une valeur d'indice située dans la région zéro à + 0,3 est considérée satisfaisante, c'est-à-dire un résultat positif bas, qui indique que l'eau est capable de déposer une mince couche d'un dépôt protecteur.

Exemple:	Calcul de Langelier:
pH = 7.5	7,5
Température = 29 C° (84° F)	f 0,7
Alcalinité totale = 100	f 2,0
Dureté calcique = 300	f 2,1
MDT = 1100	Soustraction: f 12,1
	Total = + 0,2

### AVIS IMPORTANT :

Une alcalinité totale élevée n'est pas une compensation pour une dureté calcique faible. Chacun de ces paramètres devrait être au sein de sa plage recommandée.

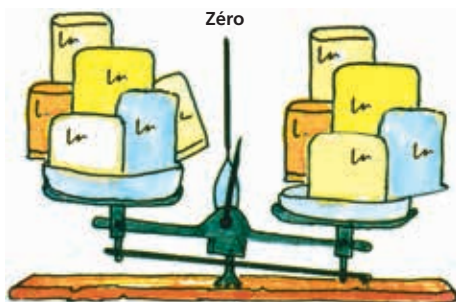
### Considérations supplémentaires sur l'eau équilibrée

- Dans les régions d'eau douce, où l'addition constante de calcium est nécessaire pour maintenir un niveau de calcium au-dessus du minimum, il pourrait être avantageux d'utiliser de l'hypochlorite de calcium comme donneur de chlore pour obtenir le calcium en plus du chlore à partir de ce produit.
- De même, là où l'alcalinité naturelle totale est basse, l'utilisation de dioxyde de carbone gazeux pour la correction du pH avec l'hypochlorite de calcium pourrait être avantageuse pour générer une augmentation de l'alcalinité totale.

Dans les régions d'eau dure, où il peut être difficile de réduire l'alcalinité totale et le pH à la plage recommandée, l'utilisation d'acide chlorhydrique (acide muriatique) peut s'avérer nécessaire et il peut être judicieux d'exploiter la piscine avec une alcalinité totale de 140 – 150 mg/l.

**Équilibre - = favorise la corrosion**

pH faible  
alcalinité faible  
dureté calcique faible  
MDT faibles  
Température peu élevée



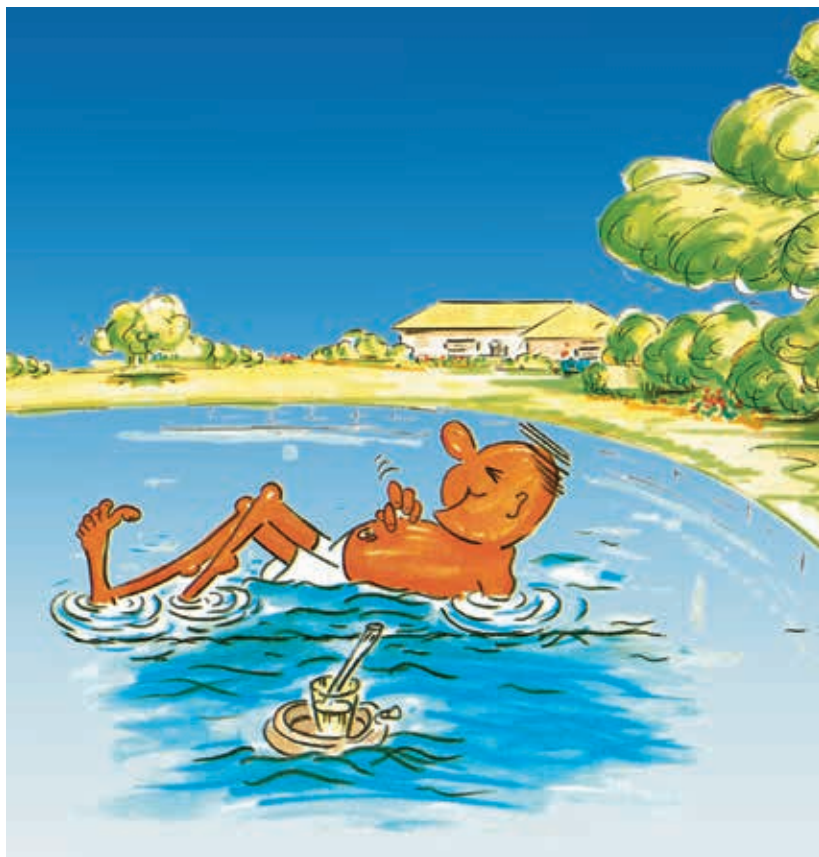
**Équilibre + = favorise la formation de tartre**

pH élevé  
alcalinité élevée  
dureté calcique élevée  
MDT élevées  
Température peu élevée

## Problèmes opérationnels

Problème	Problème	Traitement
L'eau de piscine se colore en vert	Absence de stabilisateur dans la piscine- la lumière solaire dissipe le désinfectant	Contrôler le niveau de désinfectant – et ajouter du stabilisateur si cela est nécessaire
	<b>OU</b> Niveau élevé d'acide (blocage de chlore)	Diluer avec de l'eau fraîche pour réduire l'acide cyanurique au niveau recommandé
Croissance algale dans la piscine	Niveau de désinfectant inapproprié	Vérifier que le niveau de désinfectant est adéquat dans toute la piscine - utiliser un algicide
Eau terne - sans vie	MDT trop élevé (niveau de chlorure élevé)	Contrôler et, si nécessaire, réduire le MDT par dilution
	Niveau élevé d'acide cyanurique (blocage du chlore)	Contrôler et, si nécessaire, réduire l'acide cyanurique
Goût salé de l'eau	MDT trop élevé	Contrôler et régler par dilution
	Niveau de chlorure élevé	Contrôler et régler par dilution
Eau trouble	Charge de baigneurs élevée, surchargeant le système de filtration	Réduire la charge de baigneurs, contrôler les filtres
	pH élevé	Contrôler et corriger le pH
	Alcalinité élevée	Contrôler et corriger l'alcalinité
Signes d'érosion de coulis entre les carrelages	Dureté calcique trop basse	Contrôler et corriger
	pH trop bas	Contrôler et corriger

Problème	Cause possible	Traitement
	Niveau de sulfate élevé	Contrôler et réduire à 360 mg/l si nécessaire
pH erratique	Alcalinité faible	Contrôler et corriger
pH difficile à régler	Alcalinité élevée	Contrôler et corriger si nécessaire
Plaintes de picotement des yeux et d'irritation cutanée	pH hors de la plage recommandée	Contrôler et corriger le pH
	Chlore libre bas, chlore combiné trop élevé	Contrôler et corriger, contrôler et corriger par dilution
	Allergie contre le désinfectant	Si elle est individuelle, essayer une piscine différente utilisant un désinfectant différent
pH difficile à régler	Alcalinité élevée	Contrôler et corriger si nécessaire



## Relations publiques



Bundesverband der Hygieneinspektoren e. V.  
Hohenstaufenstr. 62  
10781 Berlin, Allemagne  
[www.bundesverband-hygieneinspektoren.de](http://www.bundesverband-hygieneinspektoren.de)



Verband zur Fortbildung im Bereich des  
Gesundheits- und Infektionsschutzes e.V.  
Geschäftsstelle Wolfsburg  
Grashof 1  
38448 Wolfsburg, Allemagne  
[www.vfgi.de](http://www.vfgi.de)



Schweizerische Vereinigung von Firmen  
für Wasser- und Schwimmbadtechnik  
Schlösslistraße 9 A  
3001 Bern, Suisse  
[www.aquasuisse.ch](http://www.aquasuisse.ch)



Bundesverband Schwimmbad & Wellness e.V.  
An Lyskirchen 14  
50676 Köln, Allemagne  
[www.bsw-web.de](http://www.bsw-web.de)



Lehr- und Versuchsgesellschaft für innovative  
Hygienetechnik GmbH  
Bleichstraße 6-8  
45468 Mülheim, Allemagne  
[www.lvht.de](http://www.lvht.de)



Bundesverband Deutscher Schwimmmeister e. V.  
Römerstr. 151  
50389 Wesseling, Allemagne  
[www.bds-ev.de](http://www.bds-ev.de)



TÜV Rheinland Akademie GmbH  
TÜV Rheinland Group  
Rhinstr. 46  
12681 Berlin, Allemagne  
[www.tuev-schwimmbadbauer.de](http://www.tuev-schwimmbadbauer.de)



Verein zur Förderung des IWW Rheinisch-  
Westfälisches Institut für Wasserforschung e. V.  
Moritzstraße 26  
45476 Mülheim an der Ruhr, Allemagne  
[www.iww-online.de](http://www.iww-online.de)



Österreichischer Verband der Schwimmbad-  
und Saunawirtschaft  
Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien  
Autriche  
[www.oevs-verband.at](http://www.oevs-verband.at)



Asociación Española de Profesionales  
del Sector Piscinas  
Calle Agustín de Betancourt, 21,  
28003 Madrid, Espagne  
[www.asofap.es](http://www.asofap.es)



Malaysian Swimming Pool Association  
47 Jalan Perdana 10/4  
Pusat Perdagangan Tasik Perdana  
Pandan Perdana  
55300 Kuala Lumpur, Malaisie  
[www.mspa.org.my](http://www.mspa.org.my)





## References bibliographiques

### Europe

#### Swimming Pools

Part 1: Safety requirements for design - EN 15288-1:2018

Part 2: Safety requirements for operation - EN 15288-2:2018

Piscines privées à usage familial - EN 16582-1 à 3:2015

Partie 1: Exigences générales et de sécurité et méthodes d'essai;  
Partie 2: Exigences générales et de sécurité et méthodes d'essai  
pour piscines enterrées;

Partie 3: Exigences générales et de sécurité et méthodes d'essai  
pour piscines hors sol

Piscines privées à usage familial - Systèmes de distribution d'eau  
EN 16713EN 16713:2016

Partie 1: Systèmes de filtration - Exigences et méthodes d'essai

Partie 2: Systèmes de circulation - Exigences et méthodes d'essai

Partie 3: Traitement – Exigences

Spas domestiques et bains à remous – Exigences de sécurité et méthodes  
d'essai; En 17125:2017

Catalogue Lovibond®

Analyse des eaux de piscines et de spas

Votre exemple gratuit, code de commande: 93 80 35

## Lovibond® Water Testing

Tintometer® Group



L'analyse des eaux de piscine & spa

Instruments et réactifs

[www.lovibond.com](http://www.lovibond.com)

**Tintometer GmbH**

Lovibond® Water Testing  
Schleefstraße 8-12  
44287 Dortmund  
Tel.: +49 (0)231/94510-0  
Fax: +49 (0)231/94510-20  
sales@tintometer.de  
www.lovibond.com  
Allemagne

**The Tintometer Limited**

Lovibond House  
Sun Rise Way  
Amesbury, SP4 7GR  
Tel.: +44 (0)1980 664800  
Fax: +44 (0)1980 625412  
water.sales@tintometer.com  
www.lovibond.com  
Royaume-Uni

**Tintometer AG**

Hauptstraße 2  
5212 Hausen AG  
Tel.: +41 (0)56/4422829  
Fax: +41 (0)56/4424121  
info@tintometer.ch  
www.tintometer.ch  
Suisse

**Tintometer China**

Room 1001, China Life Tower  
16 Chaoyangmenwai Avenue,  
Beijing, 100020  
Tel.: +86 10 85251111 App. 330  
Fax: +86 10 85251001  
Chine

**Tintometer South East Asia**

Unit B-3-12, BBT One Boulevard,  
Lebuhr Nilam 2, Bandar Bukit Tinggi,  
Klang, 41200, Selangor D.E  
Tel.: +60 (0)3 3325 2285/6  
Fax: +60 (0)3 3325 2287  
lovibond.asia@tintometer.com  
www.lovibond.com  
Malaisie

**Tintometer Brasilien**

Caixa Postal: 271  
CEP: 13201-970  
Jundiaí – SP -  
Tel.: +55 (11) 3230-6410  
sales@tintometer.com.br  
www.lovibond.com.br  
Brésil

**Tintometer Inc.**

(dba Orbeco-Hellige Inc.)  
6456 Parkland Drive  
Sarasota, FL 34243  
Tel: 941.756.6410  
Fax: 941.727.9654  
sales@tintometer.us  
www.lovibond.com  
USA

**Tintometer Indien Pvt. Ltd.**

B-91, A.P.I.E. Sanath Nagar,  
Hyderabad, 500018  
Tel: +91 (0) 40 4647 9911  
Toll Free: 1 800 102 3891  
indiaoffice@tintometer.com  
www.lovibondwater.in  
Inde

**Tintometer Espagne**

Boîte de bureau de poste: 24047  
08080 Barcelona  
Tel.: +34 661 606 770  
sales@tintometer.es  
www.lovibond.com  
Espagne

Susceptible de modifications techniques  
sans avertissements préalables  
Imprimé en Allemagne 04/18  
No.: 93 81 02

Lovibond® et Tintometer®  
sont des marques déposées du  
Groupe d'entreprises Tintometer

Reg. No. 5394

