

DESINFECTION

De

L'EAU des PISCINES

au

Sel (NaCl)

Ce cours vient du livre de Mr Davoine portant le nom de ce livret.

Nous le conseillons vivement à tout personne chargée du suivi de contrôle d'une piscine.

LES ELECTROLYSEURS DE SEL

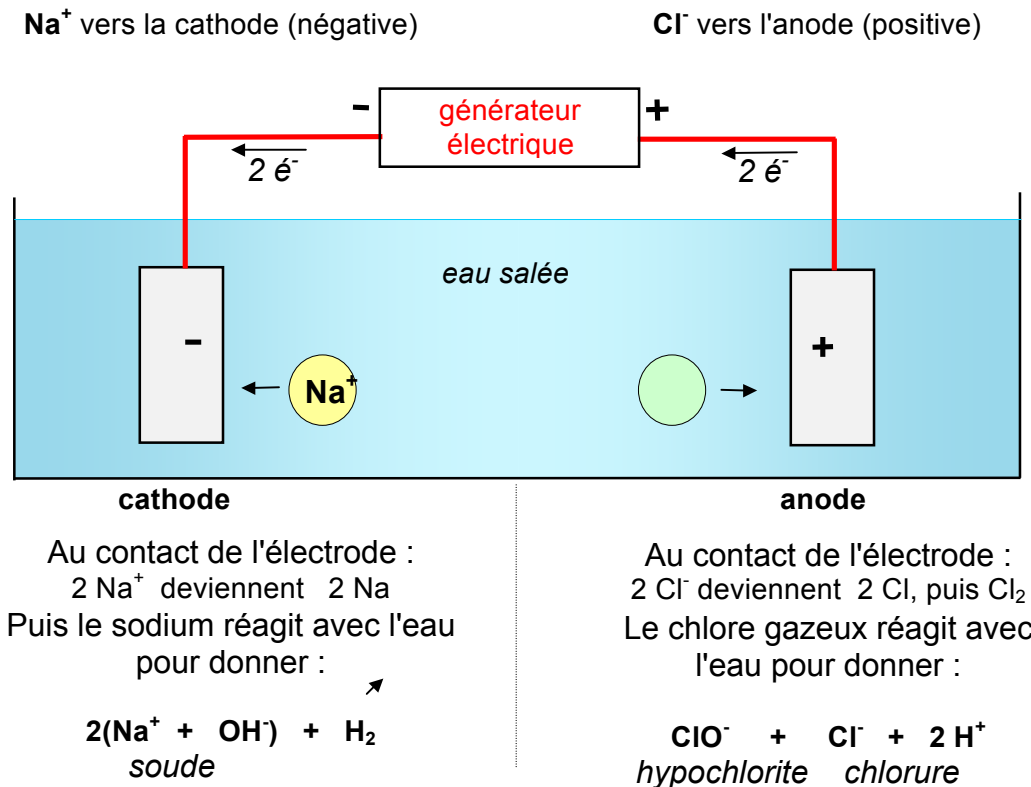
L'eau salée

Le Chlorure de Sodium cristallisé NaCl se nomme communément "sel" ou "sel de cuisine". Dissous dans l'eau, il libère des ions Chlorure Cl^- et des ions Sodium Na^+ .

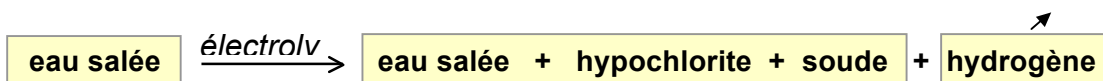
L'électrochloration est un procédé ancien qui produit une solution d'hypochlorite de sodium à partir de l'eau salée.

Les réactions chimiques de l'électrochloration

Le passage du courant électrique dans une solution ionique provoque des réactions au niveau des électrodes : c'est le phénomène d'**électrolyse**. Dans le cas de l'eau salée, ce sont les ions sodium et chlorures qui réagissent car ils sont attirés par les électrodes :



Finalement, l'électrolyse de l'eau salée produit le mélange suivant :



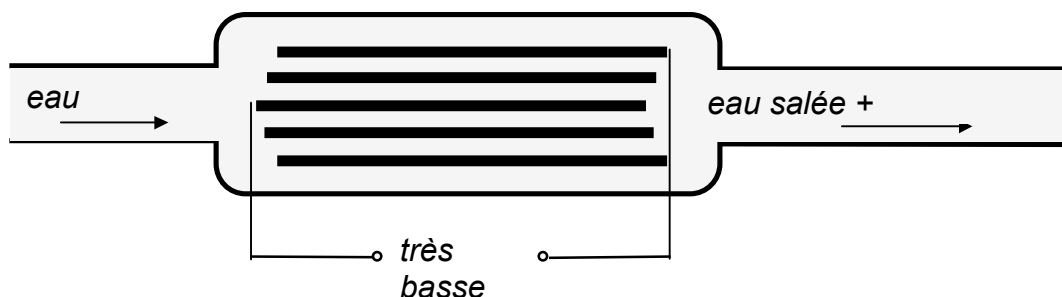
- L'hydrogène se dégage dans l'air. La solution restante est l'**eau de Javel**.
- La masse d'hypochlorite produite dépend de la quantité d'électricité qui est passée dans la solution, c'est à dire de l'intensité du courant et de la durée du passage.
- La présence de la soude donne à la solution un pH basique.
- L'hydrogène combustible détone à l'approche d'une flamme.

Application à la piscine

La simplicité de la production d'hypochlorite par "électrolyse du sel" a favorisé la diffusion de ce procédé. L'automatisation qu'il apporte réduit les contraintes d'entretien.

La cellule d'électrolyse, en piscine, est constituée d'un corps en matière plastique, PVC ou polycarbonate, dans lequel se trouvent les électrodes en titane recouvert d'oxyde de ruthénium. Elles sont soit grillagées, soit en plaques pleines. L'emploi de métaux rares est justifié par le fait que, dans une électrolyse, l'anode est le siège d'une oxydation qui peut conduire à la dissolution lente de l'électrode. C'est ce que l'on observe dans le procédé électro-physique "cuivre argent". Dans l'électrolyse du sel, il est évident que les électrodes ne doivent pas se dissoudre.

Schéma de principe d'une cellule :



- La cellule est installée horizontalement ou verticalement sur la canalisation retour **après** le filtre, le réchauffeur ou toute électrode d'analyse. L'hypochlorite produit passe directement dans le bassin.
- Les électrodes, pour des raisons de sécurité, sont soumises à une très basse tension (TBT) inférieure à 30 V. Cette tension est continue avec généralement une inversion de polarité épisodique. Dans ce cas, les électrodes sont alternativement anode puis cathode, avec des fréquences qui varient selon les constructeurs et les applications. Le but recherché est le ralentissement de leur entartrage plutôt que sa suppression.

Le coffret d'alimentation et de contrôle

La cellule est alimentée et pilotée par un coffret de contrôle qui fonctionne sous 230 V. Ce coffret contient les appareillages fournissant la TBT à la cellule.

Il est habituellement complété par :

- un voyant et un interrupteur marche-arrêt,
- l'affichage du courant d'électrolyse et un potentiomètre de réglage,
- un indicateur de polarité,
- un indicateur lumineux ou un cadran à aiguille dit de "manque de sel". Celui-ci réagit lorsque varie la résistance au passage du courant entre les électrodes. Les causes de variations sont nombreuses : manque de sel, entartrage, oxydation des connexions, changement de température ...

Le coffret de contrôle est asservi à la filtration. La production d'hypochlorite et d'hydrogène doit cesser dès l'arrêt de la pompe. La puissance électrique absorbée varie entre 150 W et 400 W selon les modèles.

La qualité de l'eau

Le bon fonctionnement du procédé dépend avant tout de la qualité de l'eau du bassin.

- La **teneur en sel** NaCl varie selon les appareils. La charge en sel est comprise entre 1,5 et 7 kg/m³. Il est indispensable de respecter la concentration indiquée par le constructeur car elle influe sur la quantité d'hypochlorite produit.
- Un excès de sel est préjudiciable à l'appareil qui peut se mettre en veille s'il est protégé contre les surintensités dans l'eau. Il augmente aussi les risques de corrosion dans l'ensemble de l'installation.
- Un manque de sel réduit la performance de l'appareil et entraîne des électrolyses secondaires au niveau des électrodes.
- Le **pH** généralement recommandé est compris entre **7** et **7,4**. Dans cet intervalle le rapport chlore actif / chlore libre est très bon et ces pH conviennent pour des eaux dont le TH et le TAC sont dans la moyenne, voire un peu fort pour le TH.
- Le **TH**, cependant, est un facteur à ne pas négliger car il est à l'origine de la plupart des dysfonctionnements observés.
- Les eaux trop douces avec un pH entre 7 et 7,4 ont un caractère agressif marqué qui s'ajoute à l'action corrosive des chlorures. Elles ne conviennent pas bien et leur TH doit être relevé vers 15° F par un apport de calcium. (*Chlorure de calcium CaCl₂*)
- Les eaux très dures ont tendance à entartrer les électrodes d'autant plus vite que la température est élevée, tandis qu'une forte teneur en ions magnésium altère leur surface. En cas d'eau dure, à défaut d'un adoucissement qui n'est généralement pas pratiqué, il faut réduire le TAC à une valeur faible (5°F à 10°F) et maintenir le pH un peu en-dessous du pH d'équilibre.
- Le respect de l'**équilibre calco-carbonique** réduit les risques liés au procédé.
- La **température de l'eau** influe fortement sur les performances de l'appareil : plus elle s'élève et plus les rendements sont médiocres. Pour les bassins dont l'eau est maintenue au delà de 30°C, il ne faut pas installer d'électrolyseur.

La mesure manuelle de la concentration en sel

Si la plupart des appareils disposent d'un indicateur de manque de sel, la mesure de sa concentration devrait se faire par **dosage manuel des chlorures Cl⁻**.

Il existe, pour cela, des méthodes qui sont méconnues ou peu pratiquées :

- Le dosage rapide par **languettes réactives** type *AquaChek*.
 - C'est une languette graduée avec une bande réactive brune qui se décolore par capillarité lorsqu'elle est immergée dans l'eau salée. La longueur de la décoloration est proportionnelle à la salinité.
 - Bien respecter la hauteur d'eau à mettre dans l'éprouvette et la durée d'immersion de la languette (10-15 min). La concentration est donnée sur une table annexe.
 - La méthode a une précision suffisante si la conservation des languettes, à l'abri de l'humidité, a été respectée. La date limite d'utilisation peut même être dépassée.
- Le dosage des ions chlorures par **la méthode de Mohr**.
 - Dans un échantillon d'eau de volume donné, on ajoute un premier réactif liquide (solution de chromate de potassium).
 - On dose avec un second réactif (nitrate d'argent) en comptant le nombre de gouttes nécessaires pour obtenir une coloration rouge orangée persistante.
 - Une table donne la concentration en fonction du nombre de gouttes. Cette méthode précise est peu pratiquée car il est difficile de se procurer la trousse d'analyse.

- Le dosage avec **les pastilles "Chloride Palintest"**.
 - Un échantillon d'eau est dilué 20 fois avec de l'eau distillée, dans une fiole graduée.
 - On ajoute, une à une, des pastilles jusqu'à ce que la coloration jaune vire au brun.
 - Une table donne la concentration en fonction du nombre de pastilles. La précision, de l'ordre de 0,8 g/L, manque un peu de rigueur.
- Le dosage avec un **testeur de salinité portable SDT**.
 - Il existe plusieurs modèles de testeurs de sel dont les plus simples sont des conductimètres gradués directement en **ppt** ou **g/L**.
 - L'appareil est muni d'une sonde qui se plonge dans l'eau à analyser.
 - La mesure affichée est la concentration saline, tous sels dissous confondus. Ainsi, dans une eau contenant naturellement 0,3 g de "sels" par litre, si on dissout 5 g de chlorure de sodium, la mesure affichée devrait être 5,3 g. L'expérience montre que l'erreur est négligeable dans le cadre de l'analyse ordinaire.

L'indicateur de manque de sel

Le contrôle de la concentration en sel (NaCl) fait partie de l'équipement des électrolyseurs. Il s'agit encore d'une mesure de la conductivité de l'eau. Plus l'eau contient des sels dissous, plus elle est conductrice du courant électrique. Comme le chlorure de sodium est le sel le plus abondant, la conductivité dépend essentiellement de sa quantité.

Cette indication, on l'a vu ci-dessus, est assez juste mais elle deviendra d'autant plus inexacte que l'eau est âgée et donc saturée par d'autres sels. La conductivité croît aussi avec la température et, dans les bassins où l'eau est très chaude, les indications fournies sont supérieures à la réalité. En conséquence, dans une eau chaude ou ancienne, la concentration effective en sel NaCl est inférieure à celle qui est affichée.

Autre source d'erreur, l'entartrage possible du capteur qui diminue ses performances et fausse les mesures, les indications affichées étant, dans ce cas, inférieures à la réalité.

Un dosage manuel, 1 à 2 fois par an ou en cas de dysfonctionnement, est recommandé, même si cette méthode a aussi sa part d'imprécision.

Le capteur de salinité est généralement couplé avec un capteur de débit (flow switch). Ce dispositif stoppe la production d'hypochlorite (et d'hydrogène) lorsque l'eau ne circule pas. Il est installé normalement avant la cellule d'électrolyse et doit être détartré avec de l'acide dilué si cela est nécessaire. En cas d'entartrage du capteur, il se peut que l'électrolyseur ne soit plus alimenté, la production d'hypochlorite cesse et l'eau du bassin "tourne" faute de désinfection.

Effets secondaires du sel

La dissolution de quelques grammes de sel par litre d'eau a plusieurs conséquences directes ou indirectes.

- **Les ions chlorures ont une action corrosive vis à vis des métaux.**
Si le sel ne traverse pas les liners, l'eau salée par débordement peut s'infiltrer entre les parois et la membrane. Les structures en panneaux acier présentent une vulnérabilité qui n'est pas à négliger. La corrosion apparaît d'abord au niveau des profilés d'accrochage des liners et autour des découpes.
- **Deux métaux différents en milieu salé humide constituent une pile.**
Le métal ayant le plus faible potentiel d'oxydoréduction subit la corrosion tandis que l'autre est protégé. Ainsi, le zinc déposé sur les panneaux protège-t-il l'acier en se corrodant sous forme d'oxyde blanc.

Mais l'aluminium ne résiste pas à la présence d'une vis en acier ou en laiton. La plus grande prudence s'impose : le "mélange" des métaux en milieu salé est fortement déconseillé.

- **Les eaux plutôt dures semblent mieux convenir que les eaux douces.**
Pour une concentration de 5 g/L de sel, l'indice de saturation de Langelier est modifié à la baisse de 0,3 unité. Conséquence : le pH d'équilibre de l'eau salée est plus élevé que celui de l'eau sans sel (+0,3 unité). Comme les pH recommandés pour ce procédé sont bas, les eaux douces n'en sont que plus agressives et les eaux dures présentent moins d'inconvénients excepté le risque d'un entartrage localisé dans la cellule où se produisent des réactions particulières.
- **Du sel peut cristalliser** au niveau des raccords-unions en l'absence de toute fuite apparente. Le phénomène n'a pas d'importance dans un local technique, mais il démontre que le sel peut aussi migrer au niveau des brides d'étanchéité des pièces à sceller. Les découpes dans les structures métalliques sont donc très exposées à la corrosion saline.
- **L'analyse** du chlore libre (ou disponible en présence de stabilisant) avec **DPD N°1** n'est pas notablement altérée par la présence du sel dissous. Les essais au photomètre montrent que les mesures lues, avec ou sans sel, sont équivalentes.

Mise en service

Le sel est dissous directement dans le bassin. Les avis divergent quant aux conséquences de la présence ou non d'adjuvants tels que les anti-agglomérants (magnésie...). Il vaut mieux choisir un sel raffiné, pour adoucisseur par exemple, car il ne contient pas de sels métalliques.

La dissolution doit être complète avant de faire fonctionner la cellule car une salinité insuffisante risque d'abîmer les électrodes. La durée de la dissolution est plus longue en eau froide qu'en eau tiède. Prévoir au moins 24 heures de recirculation avec l'électrolyseur hors service.

La stabilisation avec de l'acide cyanurique est possible pour les bassins de plein air. La concentration est comprise entre 30 et 50 ppm. Les hypochlorites ayant une meilleure tenue aux U.V., la production de la cellule sera adaptée en agissant sur le potentiomètre de réglage ou avec l'horloge si elle existe.

Au départ, après dissolution complète, le réglage de la cellule est arbitraire. Il s'agit de produire du désinfectant pour atteindre, dans le bassin, la teneur souhaitée en chlore disponible, 1 ppm par exemple. La filtration et l'électrolyseur fonctionnent en marche forcée. Au bout de 24 ou 48 heures, un test DPD N°1 est pratiqué. S'il est satisfaisant, on passe en mode normal de production.

Pour abrégé la mise en service, une chloration-choc avec de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) peut se substituer à la marche forcée précédente.

On n'oubliera pas de contrôler et d'ajuster le pH en toutes circonstances.

Entretien et contrôle

Il n'est pas possible de donner, à priori, le réglage idéal de la cellule. Les besoins journaliers d'une piscine dépendent de plusieurs facteurs dont certains ne sont pas mesurables : la météo (soleil, vent, pluie ...), l'environnement (arbres, pelouses, terre ...). Les autres, comme le volume d'eau, sa température, le pH, le TH, la durée de filtration, la fréquentation, l'usage d'une couverture ... font de chaque bassin un cas particulier.

On choisit une valeur moyenne pour la production d'hypochlorite. Après quelques jours d'utilisation de la piscine l'**analyse du chlore avec DPD N°1** indique si un ajustement est nécessaire par rapport à la concentration souhaitée. Cet ajustement peut se faire en agissant sur le potentiomètre de réglage du courant d'électrolyse. Si l'appareil est muni d'une horloge spécifique, on modifie la durée de production. A défaut d'une régulation automatique du chlore, il faut pratiquer quelques analyses régulières pour "prendre en main" la piscine.

La **chloration-choc** ne se réalise pas avec l'électrolyseur. Si la production de chlore est au maximum et la filtration en marche forcée, on obtient tout au plus une surchloration progressive qui n'a pas l'efficacité d'une chloration-choc. Le relèvement rapide du taux de chlore ne peut se faire qu'à la main avec des granulés ou une solution. L'opération est simple et le retour à la normale rapide. Il est inutile de dérégler la cellule.

Le **contrôle du pH**, comme pour toute désinfection chlorée, doit se faire en même temps que celui du chlore. Toute négligence se traduit souvent par une élévation du pH avec une baisse de la teneur en chlore actif, une dégradation de la qualité de la désinfection, une perte de limpidité de l'eau et l'entartrage de la cellule.

Entartrage de la cellule

Ce phénomène ne constitue pas le point faible du système. Il est normal, surtout en eau dure ou dans les piscines en béton, mais on peut agir pour en réduire la présence et les inconvénients.

- Le tartre adhère aussi bien sur les faces lisses des électrodes pleines que sur les électrodes grillagées, mais les premières sont d'un entretien plus commode.
- **L'inversion de polarité** contribue au décrochage des microcristaux mais **ne suffit pas à éliminer le risque d'entartrage**. De plus, si la fréquence d'inversion est grande la durée de vie des électrodes est réduite.
- Le maintien du pH vers des valeurs proches de 7, avec un TAC plutôt faible retarde fortement l'apparition de carbonate de calcium.

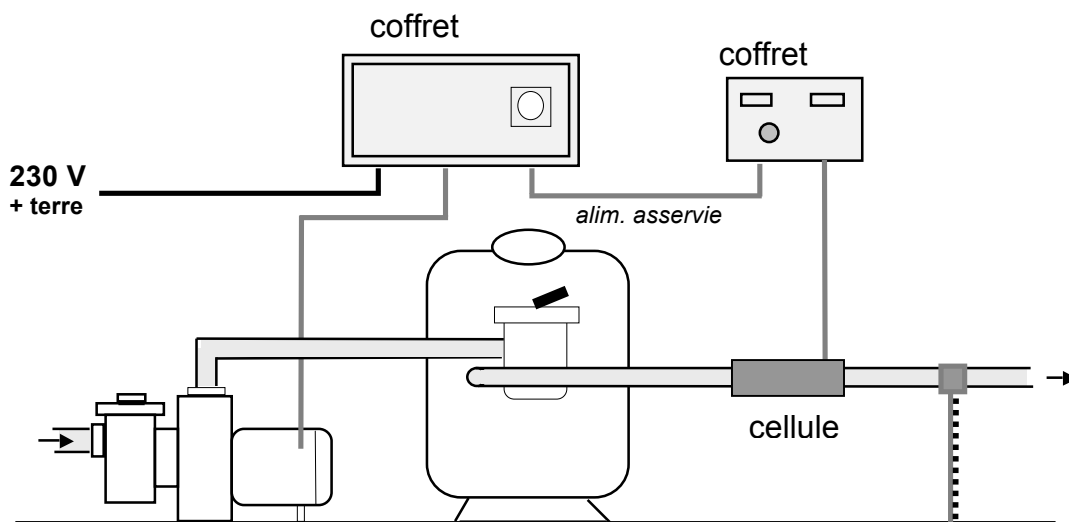
Le détartrage de la cellule

Les cellules transparentes montrent le niveau d'entartrage sans démontage. Ce détail a son importance pour l'utilisateur et le professionnel.

Le détartrage de la cellule, s'il est nécessaire, se fait par immersion des électrodes dans une solution d'acide chlorhydrique dilué. Pour des raisons de garantie, il faut respecter les directives données par les fabricants car l'acide concentré peut être fatal pour les matériaux de surface des électrodes. La réaction est effervescente et libère du gaz carbonique. Un entartrage important peut demander du temps et plusieurs renouvellements de la solution acide.

Certaines cellules sont équipées d'un injecteur qui délivre une petite quantité d'acide lorsque la filtration s'arrête. L'eau ne circulant plus, l'acide reste dans le voisinage des électrodes et dissout les dépôts éventuels. Au démarrage de la pompe, la solution est envoyée dans le bassin.

Installation classique sans sonde



La prise de terre **spécifique**, indépendante de l'installation électrique du local technique, élimine les charges d'origines diverses qui naissent dans l'eau.

La cellule représentée sur le schéma correspond à une piscine de petites dimensions avec un débit de recyclage adapté. Pour les bassins plus grands, elle s'installe en by-pass, ce qui permet de réguler le débit de l'eau qui la traverse. Les constructeurs indiquent le débit maximal admissible dans chaque cellule.

En cas d'installation d'une sonde pH dans le circuit, celle-ci doit impérativement être positionnée avant la cellule d'électrolyse afin de mesurer le pH effectif de l'eau du bassin. En sortie de cellule, le pH mesuré diffère notablement.

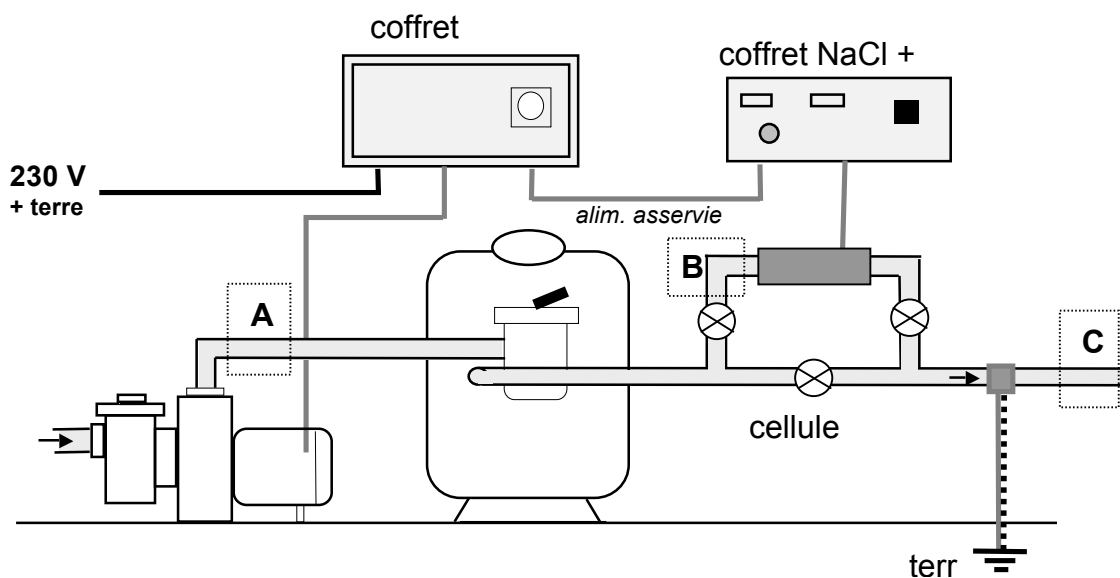
Installation avec sondes

Le schéma indique les zones où les sondes doivent se trouver :

En A, le piquage pour la sonde pH qui analyse l'eau qui sort du bassin.

En B, la sonde sel et le flow switch.

En C, la buse d'injection du correcteur de pH.



Sécurité

Rappelons que le procédé fabrique de l'**hydrogène** évacué par les refoulements et dispersé dans l'atmosphère. Ce gaz est incolore et inodore.

Il est **impératif** que ce gaz léger ne puisse pas s'accumuler dans une poche éventuelle car il explose avec l'oxygène de l'air en cas d'étincelle.

Attention aux couvertures, étanches ou non, sous lesquelles il pourrait s'accumuler dans une poche : une cigarette suffit à provoquer la déflagration.

Attention pour les bassins intérieurs : une ventilation adaptée au point haut du local est nécessaire.