



OmniChimie et Services Industriels de Côte d'Ivoire SARL

CONSEIL, FOURNITURE ET MAINTENANCE D'ÉQUIPEMENTS ET DE MATÉRIEL DE TECHNOLOGIE AVANCÉE DE LABORATOIRE ET D'INDUSTRIE ; INGÉNIERIE DES TECHNOLOGIES DE L'EAU, PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

PROCEDE «OPTIMIZED QUICKLIME PROCESS™»

Etape 1 : Recherche de paramètres d'optimisation du traitement des eaux de forages acides

Etape 2 : Conception d'un procédé d'optimisation du traitement de l'eau de forages acide

Etape 3 : Réalisation du procédé « Optimized Quicklime Process™ » [OQP™]



Un procédé de traitement des eaux de forage acide

- plus facile à installer ;
- plus économique à l'exploitation ;
- plus facile à maintenir ;
- plus performant en production ;
- environnementalement plus sain

PROCEDE D'OPTIMISATION DU TRAITEMENT DE L'EAU DE FORAGES ACIDE



Recherche de paramètres d'optimisation
du traitement des eaux de forages acides

Travaux de l'étape n°1

- Collecte de données : plan d'expériences de pesées, selon la matrice d'Hadamard ;
- Détermination du résiduel optimal de dioxyde de carbone ;
- Simulation du traitement de mise à l'équilibre calco-carbonique.

I.1. COLLECTE DE DONNEES : PLAN D'EXPERIENCES

Réalisation d'un plan d'expériences de pesées (plan d'Hadamard) pour un collecte de données caractéristiques des eaux de forages

Par exemple, huit (8) expériences ont servi à caractériser l'eau brute de Zone Est (usine-test) de la façon la plus représentative possible.

Exemple de la détermination expérimentale $Y=B.X$ de la concentration en Ca^{2+} , sa matrice expérimentale, X , selon le modèle d'Hadamard :

$$Y_j=f(X_j) / \quad Y_j = b_0 + \sum_1^n X_{j,i} \cdot b_i \quad , \text{ avec } b_0, \text{ la moyenne des réponses :} \quad b_0 = \frac{\sum Y_j}{n}$$

$$\begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & -1 \\ -1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 & -1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 \end{bmatrix} \text{ et } \begin{bmatrix} 0,30 \\ 0,75 \\ 0,74 \\ 0,60 \\ 0,70 \\ 0,18 \\ 0,48 \\ 0,34 \end{bmatrix},$$

X tX Y
transposée de X

nous calculons $B = ({}^tX.X)^{-1} \cdot {}^tX.Y = [-0,12 \quad +0,05 \quad -0,02 \quad +0,13]$.

Soit $b_1 = -0,12$; $b_2 = +0,05$; $b_3 = -0,02$; $b_4 = +0,13$, et b_0 , la concentration moyenne, de calcium est 0,51 mg/L.

Tableau 1. Coefficients affectant les réponses aux facteurs étudiés ([] en mg/L et Temp. en °C).

	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺]	[K ⁺]	[Cl ⁻]	[SO ₄ ²⁻]	[NO ₃ ⁻]	pH	[CO ₂]	Temp.
b_0	0,51	0,29	2,93	0,69	5,53	0,94	8,04	4,38	115,01	26,16
b_1	-0,12	-0,15	+0,15	-0,41	+0,55	-0,09	-1,39	-0,05	-0,39	+0,11
b_2	+0,05	+0,12	-0,55	+0,39	0,00	+0,09	-0,16	-0,01	-0,06	-0,26
b_3	-0,02	-0,11	+0,37	-0,39	-0,30	+0,31	+0,24	-0,06	-0,51	+0,31
b_4	+0,13	-0,09	+0,55	-0,43	+0,18	+0,16	+1,39	+0,03	+0,21	+0,24

Dans l'ensemble, les coefficients b_i tendent vers 0, sauf b_1 et b_4 des nitrates.

I.2. DETERMINATION DU RESIDUEL OPTIMAL DE DIOXYDE DE CARBONE

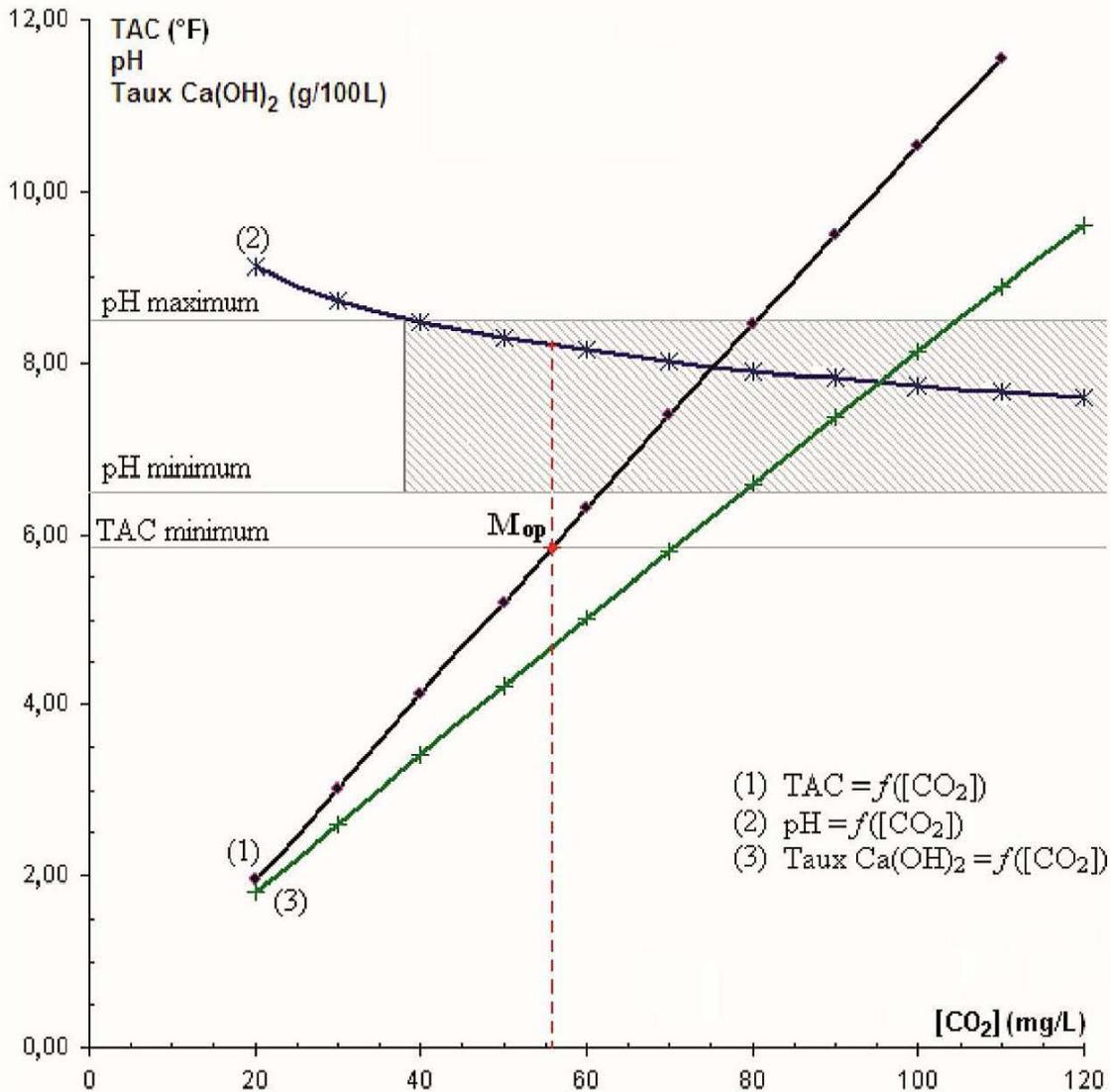


Figure 1. Résolution graphique du problème d'optimisation du traitement à Zone Est. Courbe (1) : $TAC=f([CO_2])$. Courbe (2) : $pH=f([CO_2])$. Courbe (3) : $Taux Ca(OH)_2=f([CO_2])$.

La résolution graphique du problème d'optimisation indique qu'au point M_{op} , toutes les contraintes (pH, TAC, Taux de $Ca(OH)_2$) sont surmontées. Le résiduel de CO_2 à ce point optimal de traitement, M_{op} , est 56 mg/L.

I.3. SIMULATION DU TRAITEMENT DE MISE A L'ÉQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE

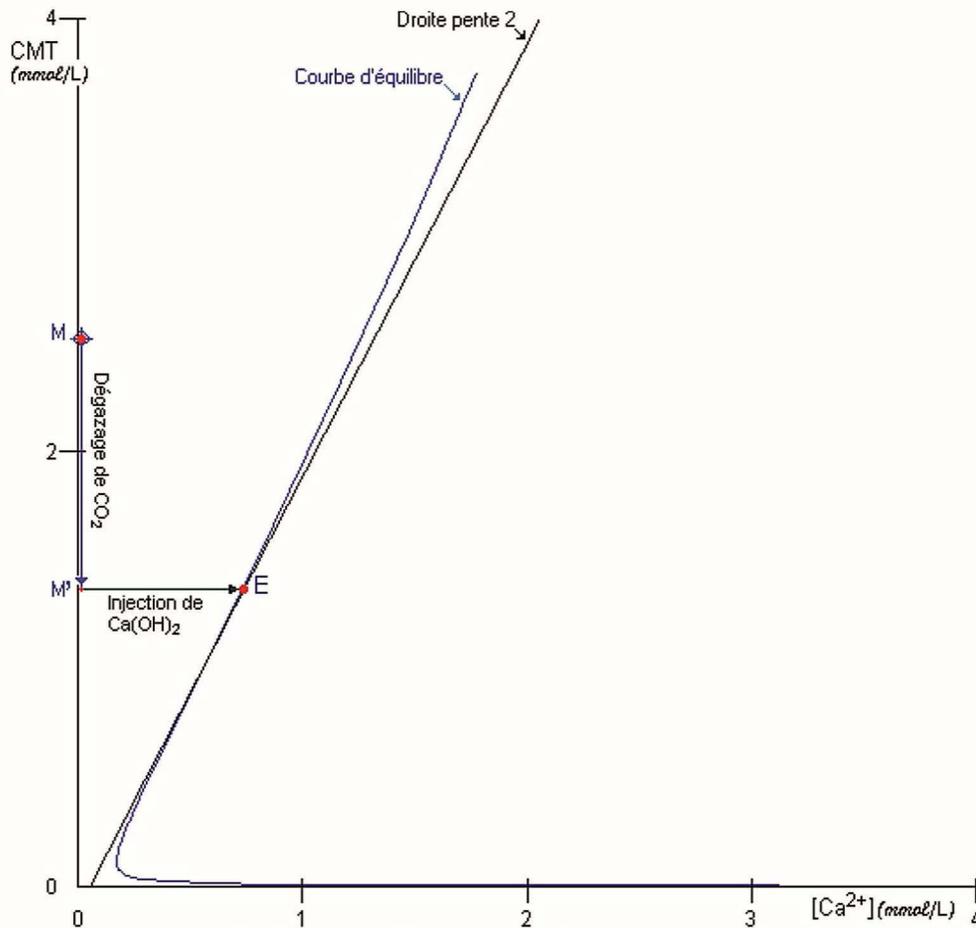


Figure 2. Modèle Legrand Poirier Leroy. Cheminement du point figuratif de l'eau brute de Zone Est, M, au cours du traitement de reminéralisation. Courbe d'équilibre $CMT = f([Ca^{2+}])$. Droite de pente 2, d'équation $CMT = 2 ([Ca^{2+}] - \lambda)$. De M à M', dégazage de CO_2 . De M' à E, ajout de chaux.

Traitement de l'eau de Zone Est à la teneur optimale de CO_2 de 56 mg/L) :

- pH (d'équilibre) : 8,20 ;
- Titre Alcalimétrique Complet (°F) : 5,87 ;
- Titre Hydrotimétrique Calcique (°F) : 6,59 ;
- Dose (g/m^3) à l'équilibre calco-carbonique avec $Ca(OH)_2$: 47,0.

Abidjan, Cocody Riviera Golf, Tour Avocat, Appartement 177

• 30 B.P. 34 Abidjan 30 • Tél. : (225) 01 05 36 15

• Fax : (225) 22 43 34 94

PROCEDE D'OPTIMISATION DU TRAITEMENT DE L'EAU DE FORAGES ACIDE

ETAPE **2**

Conception d'un procédé d'optimisation
du traitement de l'eau de forages acide

Travaux de l'étape n°2

- Invention de système de désorption contrôlée de gaz carbonique aqueux ;
- Mise en œuvre de système de désinfection par électrolyse de sel ;
- Mise à l'équilibre calco-carbonique par injection de chaux vive.

I.1. INVENTION DE SYSTEME DE DESORPTION CONTROLEE DE GAZ CARBONIQUE AQUEUX

Titre de l'invention : Système de désorption contrôlée de gaz carbonique d'eau de forages.

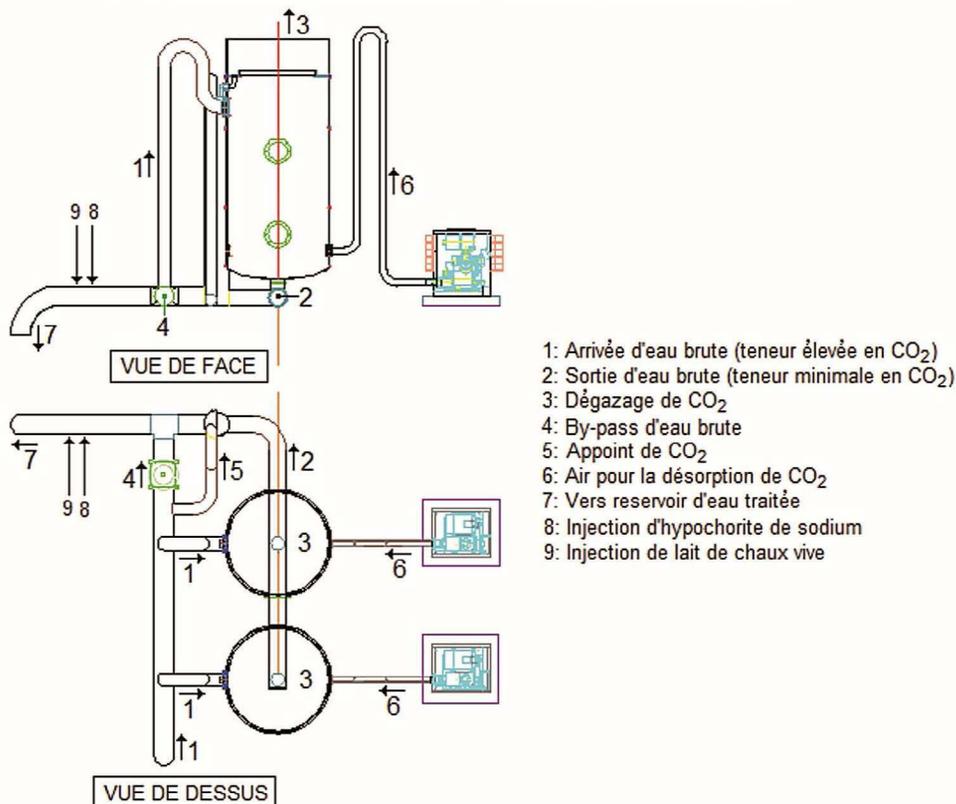


Figure 1. Schéma du système de stripage de CO₂ pour OQP™.

Le système de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** est traduit par le modèle suivant :

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 = Q_0 \\ C_1 Q_1 + C_2 Q_2 = C_m Q_0 \end{cases}$$

Soit une matrice carrée de Cramer dont les deux éléments Q_1 et Q_2 sont déterminables comme suit :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ C_2 & C_0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Q_0 \\ C_m \cdot Q_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix}$$

avec es débits Q_1 , d'eau brute à dégazer, et Q_2 , d'eau servant à mitiger l'eau Q_1 très pauvre en CO₂.

En plaçant un débitmètre avec transmetteur de débit à l'entrée du système et une vanne modulante avec entrée et sortie analogiques sur la conduite d'eau de mitigeage, il est possible de mettre en place une régulation

Code de champ modifié

Code de champ modifié

proportionnelle $Q_0=f(Q_2)$, de type « $Y=aX+b$ » et, ce faisant, d'obtenir une eau en sortie avec un résiduel contrôlé de CO_2 , en fonction du débit d'eau entrant.

Problèmes résolus : L'inventeur met à disposition :

- un système compact et modulable qui modifie les caractéristiques de l'eau brute de forage chargée en espèces chimiques volatiles (dioxyde de carbone, ammoniac, sulfure d'hydrogène, etc.) et, ce faisant, minimise les besoins de génie civil d'implantation d'unité de traitement d'eau et les quantités de produits chimiques nécessaires au traitement de l'eau ;
- un système qui contrôle le résiduel de CO_2 et le valorise dans un processus d'optimisation du traitement de l'eau ;
- une architecture qui permet l'injection des produits de traitement en canalisation.

I.2. MISE EN ŒUVRE DE SYSTEME SIEMENS™ DE DESINFECTION PAR ELECTROLYSE DE SEL

L'hypochlorite de sodium est produit par électrolyse sur site d'une solution salée (NaCl).
Ce sous-procédé contribue à optimiser le traitement de l'eau de forages.

L'avantage du système d'électrolyse de sel vient de ce qu'il n'y a ni transport ni stockage délicat de l'hypochlorite de sodium requis. Lorsque l'hypochlorite de sodium est stocké pour une longue période, il perd de son activité.



Figure 2. Poste de production d'hypochlorite de sodium par électrolyse OSEC-B™.

I.3. MISE A L'EQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE PAR INJECTION DE CHAUX VIVE

La mise à l'équilibre calco-carbonique des eaux est réalisée en injectant directement le lait de chaux dans l'eau à traiter, sans transiter par une formation d'eau de chaux, au moyen de chaux vive, CaO , en remplacement de la traditionnelle de la chaux hydratée, Ca(OH)_2 .

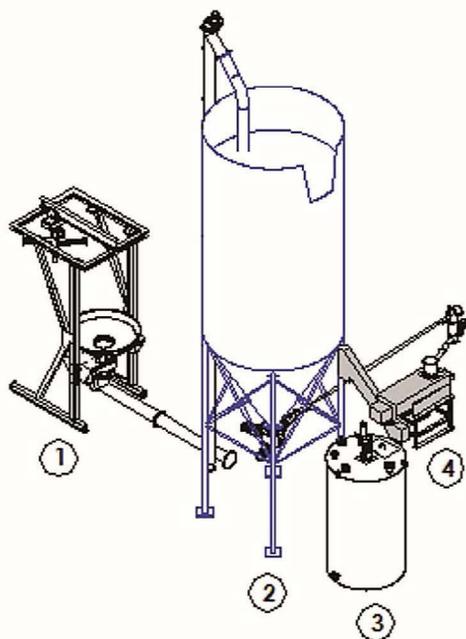


Figure 1. ① : Chargeuse de Silo ; ② : Silo ; ③ : Bac de lait de chaux ; ④ : Extincteur de chaux (à l'étage).

A la dimension des besoins des usines d'Abidjan, les atouts d'un tel procédé nouveau sont multiformes : le procédé à la chaux vive est

- plus facile à installer ;
- plus économique à l'exploitation ;
- plus facile à maintenir ;
- plus performant en production ;
- environnementalement plus sain, et ;
- moins cher à l'acquisition.

Dans un tel contexte, l'usage de la chaux vive se positionne comme l'alternative à la fois technique et économique la plus durable à Abidjan.

Abidjan, Cocody Riviera Golf, Tour Avocat, Appartement 177

• 30 B.P. 34 Abidjan 30 • Tél. : (225) 01 05 36 15

• Fax : (225) 22 43 34 94

**PROCEDE D'OPTIMISATION DU TRAITEMENT
DE L'EAU DE FORAGES ACIDE**

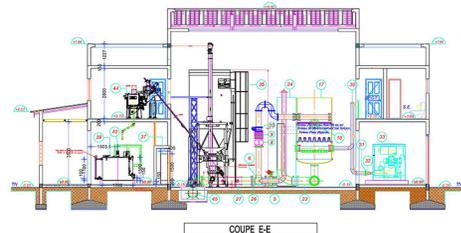
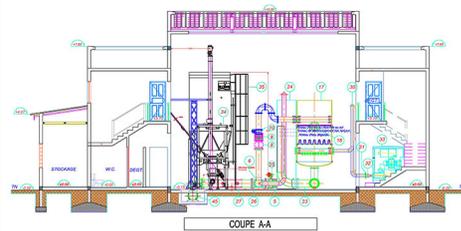
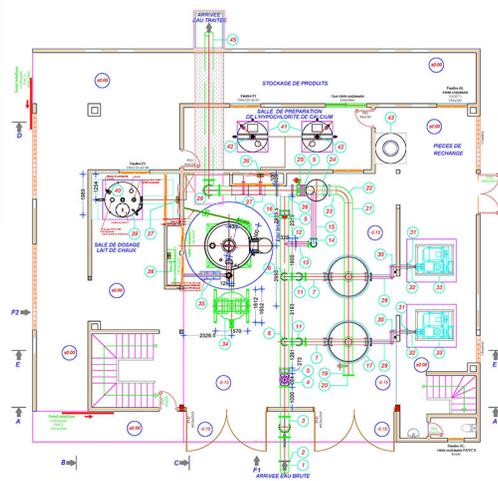


Réalisation du procédé
« Optimized Quicklime Process™ » (OQP™)

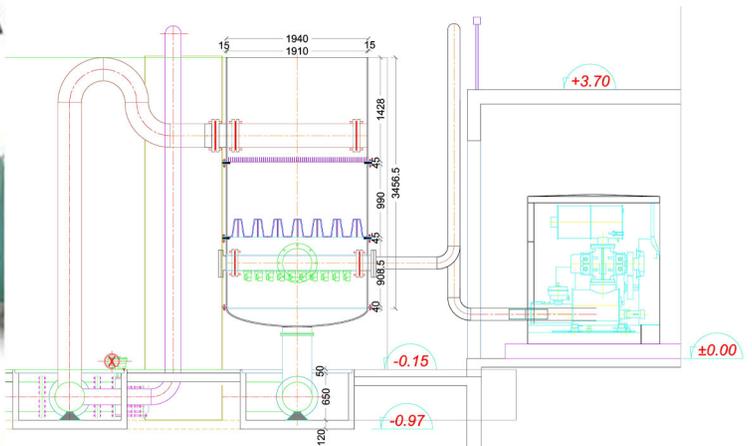
Images de la réalisation du procédé « Optimized Quicklime Process™ » (OQP™) :

- Travaux d'implantation du procédé « Optimized Quicklime Process™ » (OQP™) à Abatta ;
- Travaux d'équipement du procédé ;
- Procédé « Optimized Quicklime Process™ » achevé.

I.1. TRAVAUX D'IMPLANTATION DU PROCEDE « OPTIMIZED QUICKLIME PROCESS™ » (OQP™) A ABATTA



I.2. TRAVAUX D'EQUIPEMENT DU PROCEDE



Usine de traitement d'eau d'Abatta, 1500 m³/h; 24 heures/24, 7 jours/7

Procédé de traitement d'eau devenu moins cher, plus simple, plus fiable, plus durable et environnementalement sain



Usine de traitement d'eau d'Abatta, Abidjan Côte d'Ivoire. En haut, de gauche à droite, l'extincteur de chaux et le système de stockage de chaux vive. En bas, le système de désorption contrôlée de gaz carbonique d'eau de forages.

Procédé « Optimized Quicklime Process™ (OQP™) ».

Brevet n° 17250 de l'Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), Yaoundé, Cameroun, 2015.

Lime slaking system to set acidic groundwater to calcium carbonate equilibrium: a case study from Abidjan, Côte d'Ivoire

"When importing hydrated lime, we pay to ship boat-loads of water for a lime price, if we stay with the hydrated lime system, instead of the quicklime system. The quicklime, CaO, has twice the density of hydrated lime, Ca(OH)₂, but also without any trace of the 25% humidity.", said Mr. Eugène Bouafou, Operations and Water Quality Monitoring Manager, National Potable Water Board (Office National de l'Eau Potable), Abidjan, Côte d'Ivoire.

Abidjan, a West African 5-million-inhabitant-city, was fed with ten water treatment plants, all of them equipped with hydrated lime systems to set to calcium carbonate equilibrium about 200 million cubic meters (50 billion US gallons) of groundwater per year.

Because of high contents of CO₂ (up to 160 ppm) in the crude groundwater, setting the water to calcium carbonate equilibrium with hydrated lime is economically, strategically and environmentally challenging. Indeed, as lime is imported, over four ships of hydrated lime, we unfortunately pay for one ship of water (Ca(OH)₂ being constituted of CaO and water, H₂O, i.e. 18/74 w/w of water), thus wasting the fourth of our skinny financial resources. Strategically, we lose in productivity because we cannot go beyond the saturation dissolution rate of the hydrated lime prior to injection. To produce lime water (lime at a saturation dissolution rate) in a decantation basin leads the treatment process in Abidjan to a productivity limiting factor, as hydrated lime has a poor rate of solubilization in water. Additionally, when processing with hydrated lime, more than 20% of the lime is lost in the form of mud, either in the form of insoluble CaCO₃ or in the form valuable lime trapped in the mud.

The waste thus described is a huge environmental embarrassment and a discomfort for people who live in the neighborhood of the water treatment plants.

We, OCSI Côte d'Ivoire SARL, brought change in the water treatment process of the city of Abidjan, especially regarding the setting to calcium carbonate equilibrium step by implementing our water treatment process with Controlled CO₂ – Based Stripping System (Patent #17250 From The African Intellectual Property Organization.).

Système d'extinction de chaux pour mettre les eaux de forage acides à l'équilibre calco-carbonique: un cas d'école à Abidjan, Côte d'Ivoire.

En important de la chaux hydratée, nous affrétons des bateaux chargés d'eau payée à prix de chaux, si nous ne faisons pas évoluer nos systèmes de mise en œuvre de chaux hydratée vers des systèmes utilisant la chaux vive. La chaux vive, CaO, étant deux fois plus dense que la chaux hydratée, Ca(OH)₂, mais sans trace des 25% d'humidité », reconnaît Monsieur Eugène Bouafou, Directeur du Contrôle de l'Exploitation, Office National de l'Eau Potable, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Abidjan, une ville Ouest Africaine de 5 millions d'habitants était alimentée par une dizaine d'usines de traitement d'eau, toutes équipées de systèmes mettant annuellement à l'équilibre calco-carbonique environ 200 millions de mètres-cube (50 milliards de gallons US) d'eau de forage.

A cause des fortes teneurs en CO₂ (pouvant atteindre 160 mg/L) de l'eau brute de forage, la mise à l'équilibre calco-carbonique par injection de chaux hydratée présente des enjeux à la fois économique, stratégique et environnemental.

En effet, comme la chaux est importée, sur quatre bateaux de chaux hydratée, nous payons inutilement pour le prix d'un bateau d'eau (la chaux hydratée Ca(OH)₂ étant constituée de chaux vive CaO et d'eau, H₂O, soit 18/74ième d'eau en poids), gaspillant ainsi le quart de nos maigres ressources financières.

Stratégiquement, nous perdons en productivité parce que nous ne pouvons pas aller au-delà de la dissolution de la chaux hydratée à sa saturation pour la rendre injectable. Produire de l'eau de chaux (chaux dissoute à saturation) par dissolution dans un bassin de décantation fait de cette étape le facteur limitant du procédé de traitement à Abidjan, étant entendu que la chaux hydratée est très peu soluble dans l'eau. De plus, en mettant en œuvre la chaux hydratée, plus de 20% de la chaux est perdue dans de la boue, soit sous la forme de CaCO₃ insoluble, soit sous la forme de chaux encore utile piégée dans la boue.

Le déchet ainsi décrit est gênant du point de vue environnemental et compromet le confort des personnes vivant dans le voisinage des usines de traitement d'eau.

Nous, OCSI Côte d'Ivoire SARL, avons apporté un changement dans le procédé de traitement des eaux de la ville d'Abidjan, notamment en ce qui concerne l'étape de mise à l'équilibre calco-carbonique, en mettant en œuvre notre procédé de traitement d'eau par stripage contrôlé de CO₂ (brevet #17250 de l'Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI)).

We changed hydrated lime by quicklime and the decantation basin dissolver for hydrated lime by Integrity Municipal Systems, Inc.'s A-758 slaker, hundred times less cumbersome. We designed the entire plant from the handling of quicklime to its injection as a "soluble" water treatment reagent. The plant we built has a nominal capacity of 1 500 m³/hour for setting to calcium carbonate equilibrium a crude water consuming 25 ppm of quicklime. The water treatment process has become cheaper, simpler, more reliable, more durable and environmentally friendly. We do no longer pay to ship boat-loads of water, as we used to do when staying with the hydrated lime system, the quicklime having twice the density of hydrated lime but also free from 25% of humidity. And by shifting from the hydrated lime to the quicklime, we drastically decrease the number of equipments involved, which also decreases the global possession cost of the process (lesser power, lesser chemicals input, and lesser maintenance). We shift from the space consuming decantation basin system (lime saturator) to a small machine, the lime slaker. We build a more reliable water treatment process since the new one involves a direct injection of the lime milk, thus allowing the implementation of analogical dosing pumps and a better automation and control of the setting to calcium carbonate equilibrium. We built for our children and grandchildren a more responsible process which avoids the dumping of thousands of tons of lime mud in the environment while helping improve the quality of the drinking water delivered in Abidjan.

The City of Abidjan case can be extended to all plants running with acidic groundwater like the ones fed with resources from the Continental Terminal basin, a certain aquifer lying alongside the Guinea Gulf, from Senegal to DR Congo. In a more global way, the shifting from the hydrated lime to the quicklime by implementing quicklime slaking system can be successful for projects using more than 3 kg of quicklime per hour.

Kouassi Adolphe KOUADIO
Chemical Engineer
General Manager of OmniChimie et Services Industriels (OCSI-CI) SARL"
Phone : (+225) 01053615 / (+225) 07784450
www.ocsi-ci.com
E-mail: kakouadio@ocsi-ci.com

Nous avons changé la chaux hydratée par la chaux vive et le bassin de saturation pour chaux hydratée par l'extincteur à chaux A-758 de IMS[®], cent fois moins encombrant. Nous avons conçu l'usine entière, de la manutention de la chaux vive à son injection comme un réactif « soluble » de traitement d'eau. L'usine que nous avons construite a une capacité nominale de mise à l'équilibre calco-carbonique de 1 500 m³/heure d'eau brute consommant 25 g/m³ de chaux vive.

Le procédé de traitement est devenu plus économique, plus simple, plus fiable, plus durable et environnementalement plus sain. Nous n'importons plus de bateaux chargés d'eau comme nous le faisons avec la chaux hydratée, la chaux vive étant deux fois plus dense que la chaux hydratée, mais aussi libre de 25% d'humidité. Et en changeant la chaux hydratée par la chaux vive, nous avons drastiquement diminué le coût de possession global du procédé (moindre consommation d'énergie, moindre consommation de produits de traitement et moindre maintenance). Nous avons remplacé le système de bassin de décantation (saturateur à chaux), très demandeur d'espace, par une petite machine, l'extincteur de chaux. Nous avons bâti un procédé de traitement d'eau plus fiable puisqu'à l'issue du changement, le lait de chaux est injecté directement, ce qui permet la mise en œuvre de pompes doseuses analogiques et une meilleure automatisation et régulation de la mise à l'équilibre calco-carbonique. Nous avons bâti pour nos enfants et petits-enfants un procédé plus responsable qui préserve l'environnement du rejet de milliers de tonnes de boue de chaux tout en contribuant à améliorer la qualité de l'eau potable distribuée à Abidjan.

Le présent projet initié dans la ville d'Abidjan peut être étendu à toutes usines traitant de l'eau de forage acide comme celles alimentées par des ressources issues du bassin du Continental Terminal, un certain aquifère situé le long du Golfe de Guinée, du Sénégal à la République Démocratique du Congo. De manière globale, tout remplacement de la chaux vive par la chaux hydratée est souhaitable pour tous projets tablant sur une utilisation de plus de 3 kg de chaux vive par heure.

Kouassi Adolphe KOUADIO
Ingénieur Chimiste
Directeur Général de OmniChimie et Services Industriels (OCSI-CI) SARL"
Tél. : (+225) 01053615 / (+225) 07784450
www.ocsi-ci.com
E-mail: kakouadio@ocsi-ci.com

Optimized Quicklime Process™

