

ACTUALITÉS

des techniques hydrothermales

BULLETIN D'INFORMATION N°30 2019

Dépôts et entartrages liés à l'exploitation des eaux thermales

Dax - novembre 2018



Afth
Association française des
techniques hydrothermales

PRIX AFTH
2018
VITALAIX®
Réorganisation des
couloirs de marche

DAX - NOVEMBRE 2018

DEPÔTS ET ENTARTRAGES LIÉS À L'EXPLOITATION DES EAUX THERMALES

POINT RÉGLEMENTAIRE

AQUACERT, État d'avancement du Comité Qualité Sanitaire des Boues Thermales C. ROBIN (WTCconseil - Aquacert)	3
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

DÉFINITIONS

DÉPÔTS ET ENTARTRAGE DES RÉSEAUX D'EAU THERMALE S. LABARTHE - Responsable Laboratoire - Institut du Thermalisme	8
DÉPÔTS LIÉS AUX EAUX THERMALES du forage au point d'usage N. MAURILLON - Hydrogéologue - ArcaGée	11
LES BIOFILMS C. de PORTAL - LHE - Laboratoire, Hydrologie, Environnement	15
LA CORROSION CAVERNEUSE DES ACIERS INOXYDABLES J. LÉDION, EPF - École d'Ingénieur - AMVALOR	18

SOLUTIONS & TRAITEMENTS

FOCUS SUR LA DÉFERRISATION - cadre réglementaire J. P. FOUQUEY - Hygie Concept	21
INSTALLATIONS N.E.P. OU C.I.P. J. LIRONCOURT - Stas Doyer	24
TRAITEMENTS PRÉVENTIFS & CORRECTIFS P. HYPOLLITE - PLC Consulting	28

RETOURS D'EXPÉRIENCES

CHATEL-GUYON - DÉPÔTS DANS LES RÉSEAUX D'EAU MINÉRALE M. MERCIER - Directeur Technique de Chatel-Guyon - RTC	31
SALINS-LES-BAINS - GESTION DES DÉPÔTS SALÉS F. LEBEAULT - Thermes de Salins-les-Bains	34
OPTIMISATION D'UN TRAITEMENT ACIDE détartrage des installations techniques P. PASQUIER, responsable technique La Roche Posay Soins	36
TRAITEMENT MAGNÉTIQUE ANTI-TARTRE - Procédé NEW IONIC J. FRAYSSINES, Arionic	39
RECOURS AUX ONDES ELECTROMAGNÉTIQUES C. BARANGER, Antéa Group & C. PAULIN, PCH Conseil	43

**PRIX AFTH
2018**

VITALAIX®, RÉORGANISATION DES COULOIRS DE MARCHÉ B. RIAC, Vitalaix	48
------------------------------------------------------------------------------------	----

aftth



C. ROBIN (WTConseil - Aquacert)

R. AINOUCHE, Pdt de la commission regl. Cneth

LES MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE

Présents :

Rachid AINOUCHE (Président du Comité)

William TERRY (Responsable technique du comité)

Jean-Philippe FOUQUEY (Expert animateur Groupe de travail)

Claude-Eugène BOUVIER (Délégué Général Cneth)

P^r Christian ROQUES (Académie nationale de Médecine)

Pascal COUNILH (Laboratoire et régie des boues de Dax)

Virginie BEROT (Thermes Bérot)

Paulo AGUAS (AFTH)

Guy ALBRECHT et Fabrice ALBRECHT (Argicur)

Thierry FERRAND (Assistherm)

Jérôme LEVY (Dousselin)

Excusés :

Alban ROBIN (DGS)

Yannick PAVAVEAU (DGS)

Sabrina MEKHOUS (DGS)

D^r Danielle FAURE-IMBERT (CNETH)

P^r Daniel BONTOUX (Académie nationale de Médecine)

D^r Alain FRANCON (SFMT/Aix-les-Bains)

D^r Hugues DESFOUR (SNMT/Balaruc)

P^r Frédéric BAUDUER (Institut du Thermalisme)

Clément ROBIN (WTC)

Alain DUCOS (Aqua Vita)

P^r Céline OHAYON (LHE Bordeaux)

François DERO (Chaîne Thermale du Soleil)

Liste des destinataires du compte-rendu :

idem + Dr Michel DUPRAT (SNMT/Dax),

Emmanuel BERNARD (Arver - Argiles du Velay),

Olivier BRUEZ (Valvital),

Thierry LAPORTE (Arenadour Dax),

Marie-Hélène BLANQUE (Bagnères de Bigorre),

Pierre CAPERAN (Luchon),

Didier WERNER (Châtel-Guyon),

Carole AVERSENQ (Evian),

Sylvain BONNET (Balaruc),

Arnaud LABORDE (Saubusse),

Virginie VIGIER (Vichy),

Julien LIRONCOURT (Stas Doyer),

Corinne CHADES (Laboratoire Thermauvergne),

Bruno SHNEPP (Carso),

Christine ROQUES (Université de Toulouse),

Jean-Bernard BARDET (Codef)

ÉTAT D'AVANCEMENT DU COMITÉ QUALITÉ SANITAIRE DES BOUES THERMALES

■ L'OBJECTIF DU COMITÉ QUALITÉ SANITAIRE DES BOUES THERMALES

Suite au rapport de l'académie de médecine en 2017, sur le sujet des boues thermales, et aux sollicitations des autorités, le comité travaille à répondre à la question suivante :

Comment envisager l'évolution du cadre visant à la maîtrise de la sécurité sanitaire des boues thermales ?

En l'absence de cadre réglementaire définissant le suivi sanitaire des boues thermales et à la suite des recommandations de l'académie de revoir et faire évoluer le cadre existant (GBPT et certification AQUACERT), l'ensemble des parties prenantes ont décidé, sous l'impulsion du Cneth, de réunir un comité (comité QSBT) pour revoir et améliorer le cadre existant.

■ AXES DE TRAVAIL DU COMITÉ QSBT

- Revoir et mettre à jour la « boîte à outil » (Guide de Bonnes Pratiques et référentiel Aquacert) pour les producteurs de boues et les exploitants thermaux afin d'aider la mise en place de l'H.A.C.CP et les démarches de certification pour le sujet des boues.
- Etudier les bonnes pratiques et la faisabilité de standards communs pour les analyses destinées au suivi sanitaire des boues.
- Définir un avant-projet de protocole d'étude de la toxicité du baryum biodisponible (et autres éléments éventuels).

■ UN DÉCOUPAGE THÉMATIQUE DES GROUPES DE TRAVAIL (GT)

GT1 système de management.

Qualité applicable à la production/conditionnement/logistique.

Préconisations de l'Académie de Médecine :

- Organiser une démarche de normalisation et de traçabilité des procédures de confection et d'administration des boues.
- Actualiser et compléter les normes du référentiel Aquacert® à partir d'éventuelles modifications à apporter aux référentiels utilisés lors de la réalisation du GBPT.
- Préciser le cahier des charges des analyses physico-chimiques en matière de traçabilité et de nature, en tenant compte des insuffisances pointées lors des auditions, qui devra être respecté par les fournisseurs.
- Procéder à l'exploitation des données de la certification : rétrospectives pour l'existant, prospectives pour les futures données prenant en compte les préconisations de l'ANM, pour déterminer si le contrôle et la surveillance sanitaire des boues doivent relever à l'avenir du domaine de la réglementation ou de la simple obligation de moyens.
- Organiser un suivi par la commission XII de la mise en œuvre des préconisations retenues par la Direction Générale de la Santé, selon un calendrier construit en partenariat entre les divers acteurs : DGS, commission XII, organismes professionnels concernés.

GT2 système de management. Qualité applicable à la mise en œuvre des boues dans le processus de soin.

Préconisations de l'Académie de Médecine :

- Organiser une démarche de normalisation et de traçabilité des procédures de confection et d'administration des boues.
- Actualiser et compléter les normes du référentiel Aquacert® à partir d'éventuelles modifications à apporter aux référentiels utilisés lors de la réalisation du GBPT.
- Favoriser, dans un premier temps, la démarche de certification volontaire par des incitations pertinentes, qui ne pénalisent pas le curiste.
- Réaliser avec régularité et traçabilité des mesures de pH et de température des boues dans les établissements thermaux.
- Exiger que lors de la pratique d'illutatio, la boue soit mise au contact de la peau sans interposition d'éléments imperméables.
- Exiger que la confection des cataplasmes de boues ne soit réalisée qu'avec des textiles perméables pour en faire d'authentiques produits thermominéraux.
- Rendre obligatoire le port de gants de protection lors de la manipulation des boues par les agents thermaux.
- S'assurer du respect des normes d'hygiène du travail lorsque le stockage et/ou la manipulation d'argile à l'état pulvérulent peuvent se faire au contact de l'air ; le port de masques appropriés et confortables doit constituer, dans un premier temps, une précaution raisonnable.
- Mettre en place, dans les établissements thermaux, une procédure simple de vigilance harmonisée permettant la saisie des événements indésirables survenus pendant le déroulement de la cure thermale.
- Procéder à l'exploitation des données de la certification : rétrospectives pour l'existant, prospectives pour les futures données prenant en compte les préconisations de l'ANM, pour déterminer si le contrôle et la surveillance sanitaire des boues doivent relever à l'avenir du domaine de la réglementation ou de la simple obligation de moyens.

GT3 bonnes Pratiques/standards d'analyses.

Préconisations de l'Académie de Médecine :

- Organiser un consensus professionnel pour parvenir à un accord sur les modalités de réalisation des analyses microbiologiques.

GT4 baryum et métaux lourds.

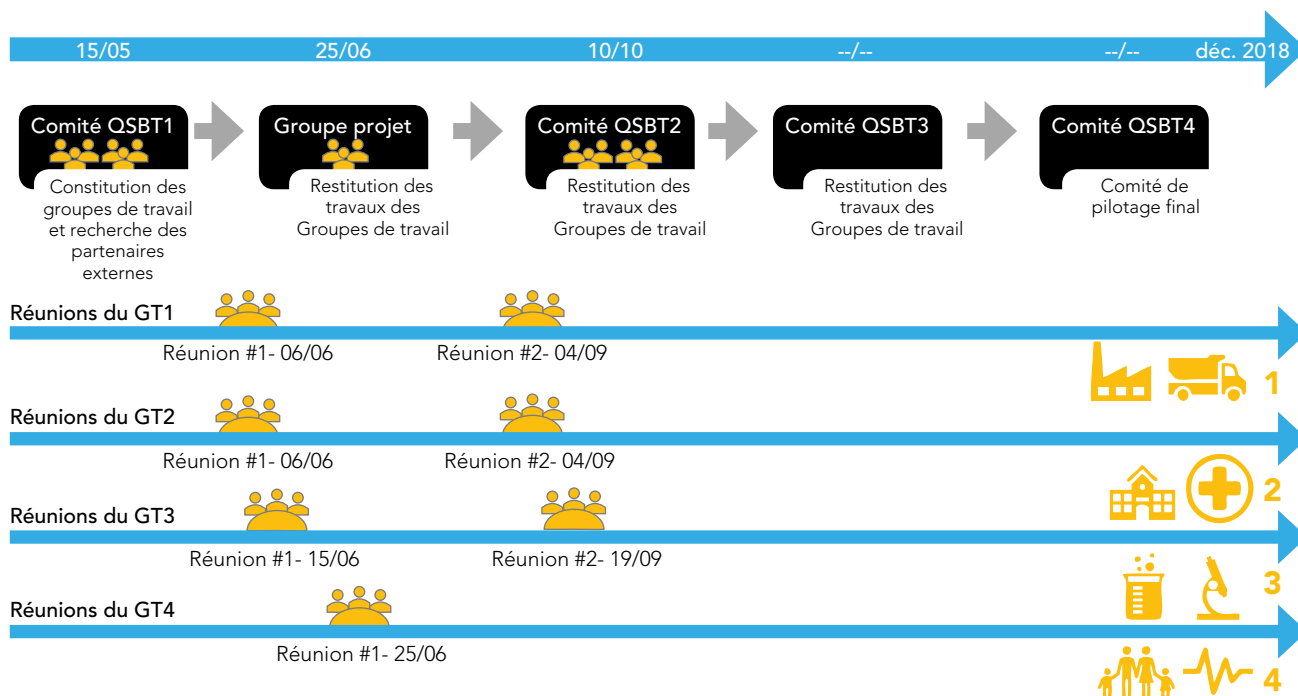
Préconisations de l'Académie de Médecine :

- Obtenir un consensus des chimistes et des toxicologues pour déterminer les techniques d'extraction et normes de dosage à utiliser pour la mise en évidence du Ba sous les diverses formes à considérer.
- Faire procéder au dosage du Ba, selon les recommandations issues du consensus précité, dans les substrats des boues thermales ; identifier la nature chimique des sels de Ba présents dans ces substrats.
- Réaliser une analyse approfondie des constituants des boues thermales afin de caractériser parfaitement les substrats utilisés.
- Faire procéder, à l'aide d'un protocole optimisé et sur un nombre significatif de patients, à des dosages sériques et urinaires (urines de 24 heures) du Ba avant et après applications de boues thermales, en testant les diverses modalités réalisées en pratique (soins et argiles).
- Faire procéder, à l'aide d'un protocole optimisé et sur un nombre significatif de patients, à des dosages du Ba dans les boues avant et après applications au patient dans des conditions qui prennent en compte les risques d'erreur liés à la pratique (apport de matière et/ou d'EMN).
- Etudier la possibilité de mener des études de laboratoire permettant in vitro ou sur peau isolée de quantifier la pénétration cutanée des différents sels de Ba.
- Etendre la démarche aux autres métaux lourds identifiés comme devant figurer dans l'analyse chimique des substrats, s'il s'avérait que le Ba pénètre de manière significative à travers la peau.
- Analyser les données de vigilance clinique de la littérature et de l'expérience des établissements thermaux pour déterminer si des phénomènes toxiques en rapport avec le Ba peuvent constituer une réalité clinique.
- Réexaminer le problème du Ba dans un délai approprié pour faire la synthèse de ces diverses démarches et déterminer si, in fine, le Ba doit être considéré comme un problème sanitaire à prendre en considération dans le cadre de la réalisation de soins de boues thermaux.



■ PLANNING DE TRAVAIL

(A ce jour, 7 réunions des GT et Comités pour environ 50 participants)



■ RETOUR DES GROUPES DE TRAVAIL THÉMATIQUES

Travaux des GT1 & GT2 Système de Management - Qualité applicable aux fournisseurs et établissements)

Session #1 du 06/06/18 et la session #2 du 04/09/18

- Mise à jour du process type de « fabrication » des boues thermales avec ajout des étapes relatives aux fournisseurs.
- Ajouts de bonnes pratiques d'hygiène (BPH) → des nouveautés principalement sur les étapes de l'amont (fournisseurs).
- Consensus sur les méthodes à appliquer (Fournisseurs et établissements) pour réaliser les analyses de dangers (type H.A.C.C.P) et extension à tous les ingrédients pouvant entrer dans la fabrication des boues.
- Intégration au cahier des charges fournisseur de la composition de la boue (et les indicateurs qualité).
- Information des curistes sur la composition de la boue thermique.
- Harmonisation des pratiques de traçabilité (pour les fournisseurs comme pour les établissements).
- Proposition d'ajustement des fréquences de contrôle de la boue thermique.
- Redéfinition des méthodes de validation et des cas nécessitant de nouvelles validations de process.
- La vigilance reste un point de discussion pour les prochains GT.

En synthèse les améliorations par rapport à la version précédente du GBPTH

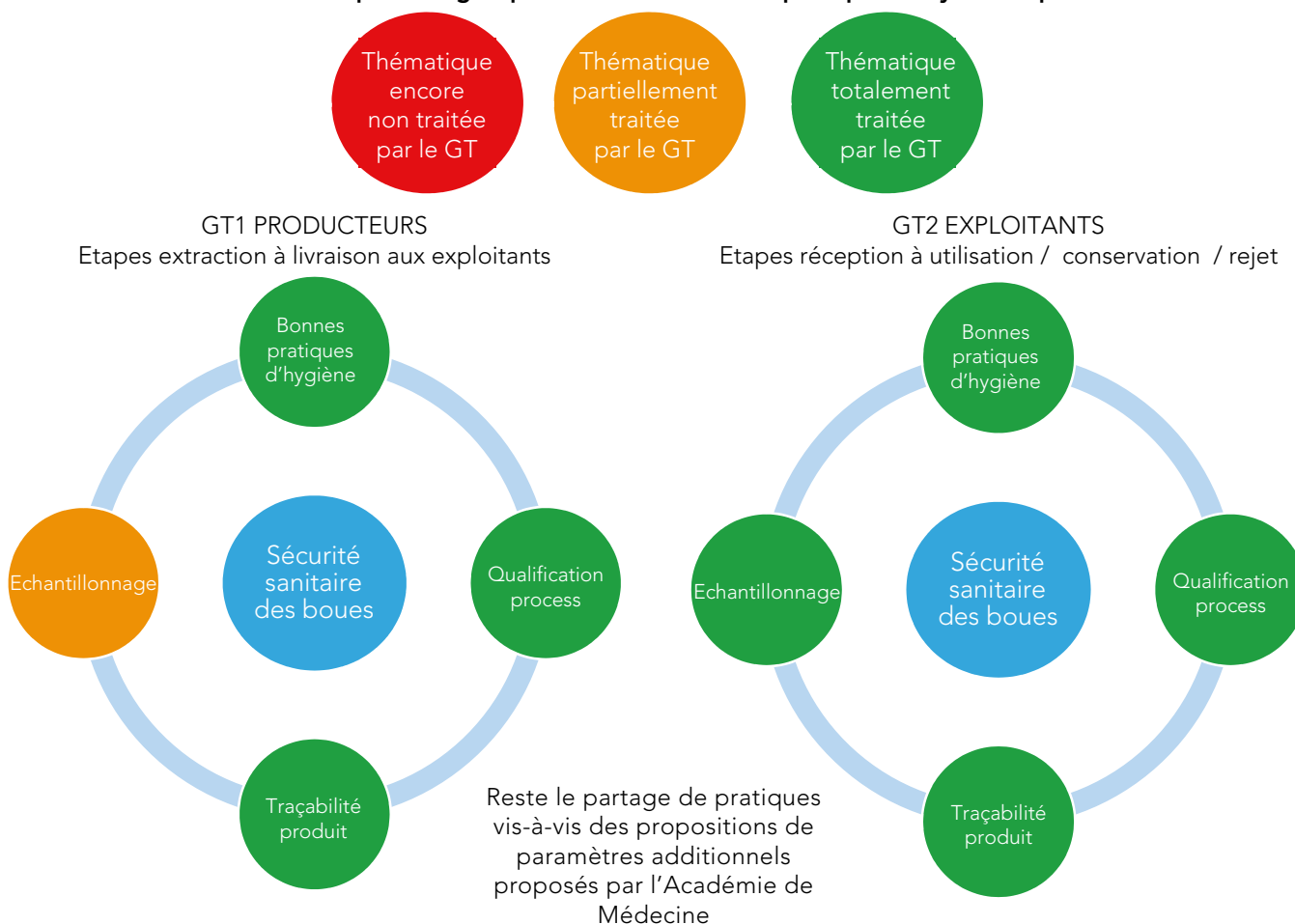
Les améliorations +

- Etape de concassage
- Etape de séchage
- Etape de tamisage
- Etape de micronisation

+

- Recommandations et bonnes pratiques d'hygiène pour les nouvelles étapes
- Identification de process spécifiques à couvrir par l'analyse des dangers

Avancement sur les thématiques des groupes de travail « bonnes pratiques et système qualité »



GT3 : Bonnes pratiques / Standards d'analyse. Retour sur les sessions du 15/06/2018 et 19/09/2018

- Réflexion sur la méthode d'extraction des polluants physico-chimiques afin de ne prendre en compte que la partie biodisponible contrairement aux analyses de sols normalisées qui mettent en évidence les éléments dans leur totalité.
- Ébauche de projet de protocole commun pour les analyses microbiologiques dans les boues thermales.
- Modifications proposées pour le GBPth.

GT4 : Toxicité du Baryum (et autres métaux). Retour sur la session #1 du 25/06/2018 et après discussion en comité QSBT2 du 10/10/2018).

- Décision de proposer un protocole d'étude à l'institut du Thermalisme.
 - Essai sur un groupe de sujets sains.
 - Dans les conditions les plus défavorables (boues les plus chargées en baryum dosées avant envoi, confectionnées en cataplasmes et mises en œuvre avec une eau chlorurée).
- Cure de 3 semaines avec application quotidienne de 10 minutes.
- Dosage dans le sang et les urines des taux de baryum avant et après la cure (par un laboratoire universitaire partenaire)
- Intérêt d'en profiter pour doser les autres métaux (Pb –Al) ?

Avancement des thématiques des groupes de travail « Méthodes d'analyses et études toxicologiques »



CONCLUSIONS

- Des avancées significatives sur les méthodes d'analyse des risques et de nombreux ajouts prévus pour le GBPth (et la certification).
- Un premier pas vers des méthodes «mieux harmonisées» entre les laboratoires qui assurent l'auto-contrôle (volontaire) des boues thermales.
- Une réflexion sur la mise à jour possible des Indicateurs Qualité de la boue reste à approfondir (en regard de la demande de l'ANM).
- Un protocole en cours de mise au point avec l'institut du thermalisme pour l'étude du passage du Baryum (et autres) dans le sang et les urines.

En conclusion : beaucoup de matière et des avancées importantes en 6 mois de travail. Des sujets encore complexes d'accès et qui méritent des travaux sur le moyen long terme.

DÉPÔT ET ENTARTAGE DES RÉSEAUX D'EAU THERMALE

Sébastien LABARTHE

Responsable Laboratoire - Institut du Thermalisme

■ ÉQUILIBRES CHIMIQUES LIÉS AUX EMN

État d'équilibre chimique

Compétition entre les deux réactions opposées dont l'une ne l'emporte jamais sur l'autre



- État où les deux réactions se déroulent à vitesse égale
- Échelle macroscopique : quantités de matière n'évoluent plus.
- Échelle microscopique : réactions permanentes entre réactifs et produits qui se compensent

ÉTAT D'EQUILIBRE DYNAMIQUE



Valable seulement pour des **conditions précises et fixes**

■ DÉPLACEMENT DES ÉTATS D'ÉQUILIBRE

Principe de Le Chatelier

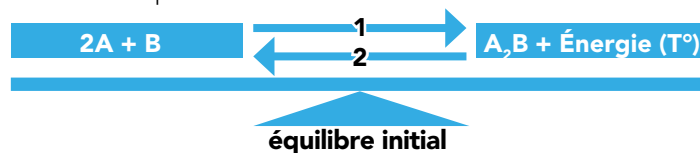
Si on impose une perturbation à un système chimique en équilibre, ce système réagira de manière à contrecarrer le changement induit jusqu'à un nouvel état d'équilibre.

- Perturbation = modification des paramètres thermodynamiques
- Atteinte du nouvel état d'équilibre dépendant de la vitesse de la réaction induite : aspect cinétique

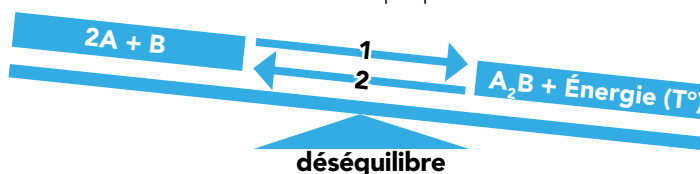
■ MODIFICATION DES PARAMÈTRES THERMODYNAMIQUES

La température T°

- Consommation de l'énergie du système : réactions endothermiques
- Apport d'énergie au système : réactions exothermiques
- Concerne tous les équilibres

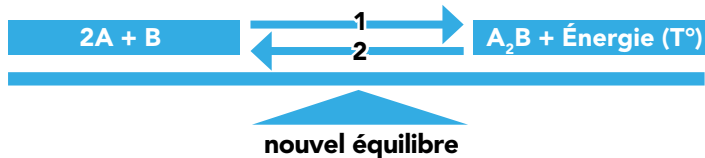


- Si T° ↑
- Déplacement dans le sens 2 endothermique pour diminuer T°



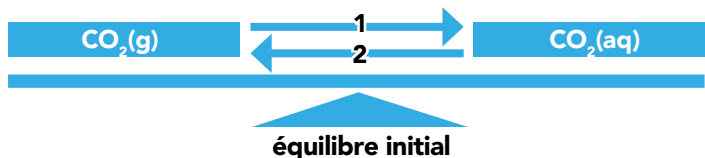
Passage de l'eau dans un échangeur / chauffe-eau

- Modification des quantités de matière



La pression P

- Équilibre contenant une phase gazeuse

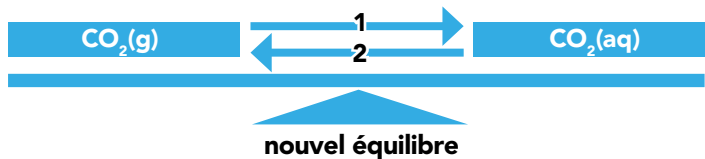


- Si P ↓
- Déplacement dans le sens 2 pour augmenter P (quantité de gaz)



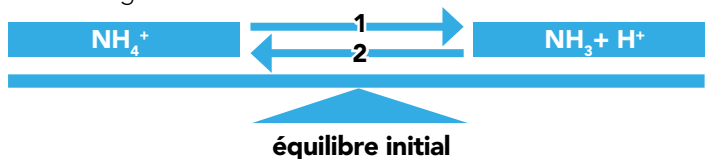
Modification de la profondeur de l'eau
Modification du type d'écoulement (gravitaire / sous pression)

- Dégazage de CO₂

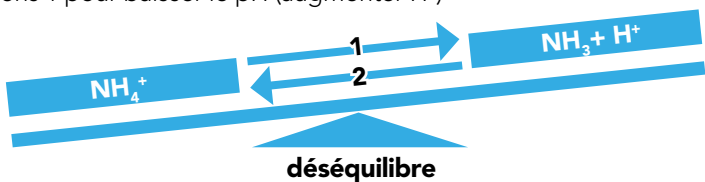


La concentration d'un des constituants

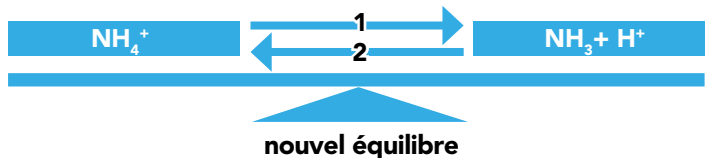
- Concerne tous les équilibres
- Équilibres acido-basiques : échanges d'ions H⁺



- Si pH ↑
- Déplacement dans le sens 1 pour baisser le pH (augmenter H⁺)

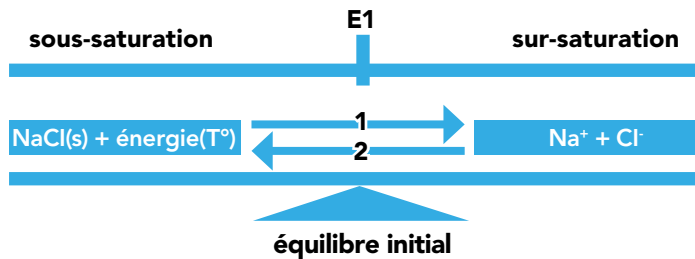
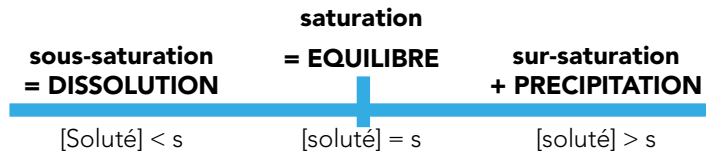


- Modification des quantités de matières

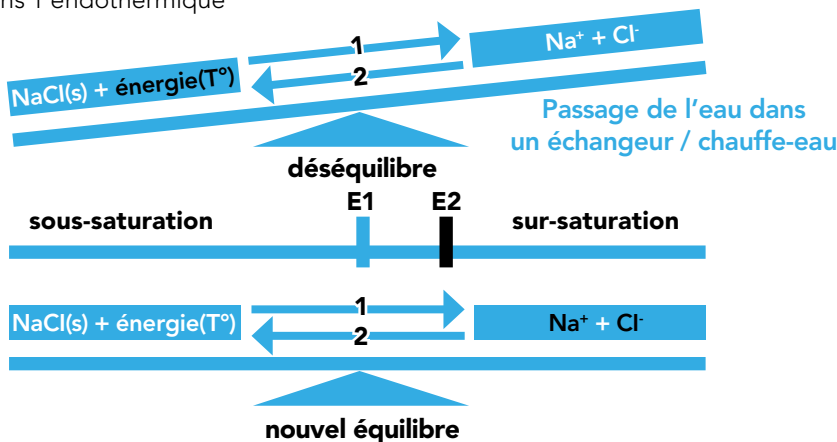


Cas particulier des équilibres hétérogènes

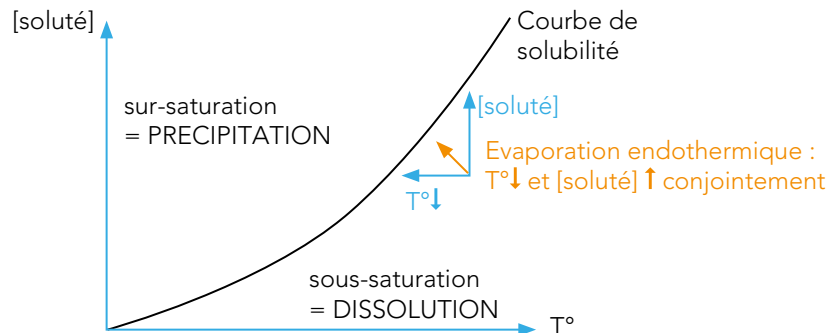
- Fait intervenir 2 phases différentes
- Équilibre de solubilité liquide / solide
- Solubilité s (mg/L) = quantité maximale d'un corps que l'on peut dissoudre dans l'eau = état de saturation



- Si T° ↑
- Déplacement dans le sens 1 endothermique

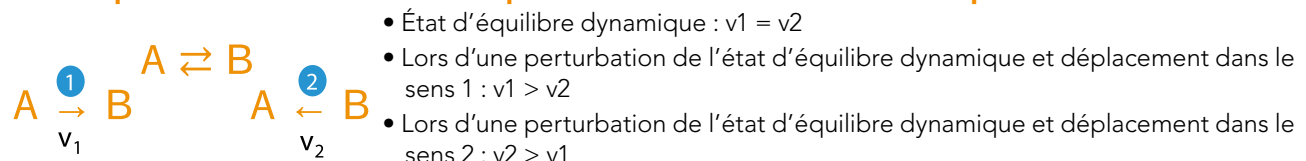


- Dissolution de NaCl(s)
- Augmentation de la solubilité



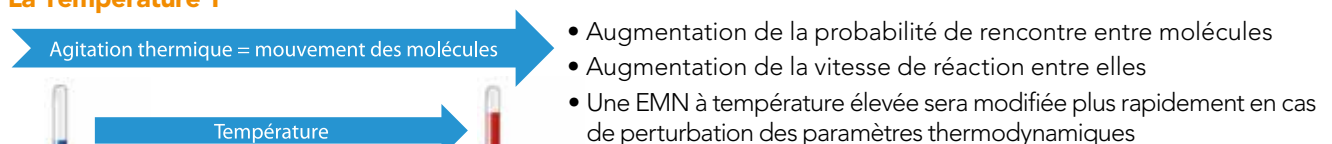
CINÉTIQUE DES DÉPLACEMENTS D'ÉQUILIBRE

Cinétique d'une réaction = vitesse à laquelle est consommée un réactif ou un produit



- La vitesse à laquelle le nouvel état d'équilibre dynamique sera atteint dépend de nombreux facteurs

La Température T°



Dépôts liés aux eaux thermales

DU FORAGE AU POINT D'USAGE

N. MAURILLON

Hydrogéologue - ArcaGée

NOMS - DÉFINITIONS

Pour désigner ces dépôts plusieurs termes (généralement génériques) sont utilisés dans les villes thermales :

Le **tartre**, terme générique pouvant désigner divers dépôts de :

- carbonate de calcium CaCO_3 (calcite, aragonite)
- sulfate de calcium CaSO_4 (anhydrite, gypse)
- d'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (brucite)
- Silicates de calcium dont CaSiO_3
- Silicates de magnésium dont MgSiO_3
- Silico-aluminate de sodium (analcite)
- ferro-silicate de sodium (acmite)
- silice (SiO_2)

Glairine et Barégine (termes plus anciens et plus vagues) désignant une substance gélatineuse azotée d'origine bactérienne, qu'on trouve dans certaines eaux sulfureuses (notamment dans les eaux de Barèges) et qui a la propriété de décomposer les sulfures en dégageant de l'acide sulfurique. Le terme Glairine désigne plus spécifiquement les « touffes filamenteuses » pour leur apparence glaireuse.

Geyserites (termes du 19^e siècle venant des descriptifs géologiques) : « Dépôt siliceux ressemblant à l'opale, formé par certaines sources chaudes, notamment les geysers. »

Mais aussi : **travertins, sels, dépôt carbonaté, sulfures de fer ou autres, silicates...** suivant la minéralité identifiée dans ces dépôts et dépendant de la composition de l'EMN



■ CONSTATS

La plupart des stations thermales observent au niveau de leurs ressources des dépôts ayant des formes, couleurs, consistances diverses.



■ MÉCANISME DE FORMATION

Pour qu'il y ait dépôts (particulièrement minéraux) deux conditions principales doivent être réunies :

- une condition thermodynamique : il faut que la limite de solubilité soit dépassée, c'est-à-dire qu'il y ait sursaturation aux conditions d'équilibre de l'eau ;
- une condition cinétique : il faut que la vitesse de déposition soit suffisamment rapide.

De ce fait le phénomène de dépôt dépend donc

- Pour les conditions thermodynamiques de :
 - la minéralisation initiale de l'eau et ses conditions d'acquisition ;
 - la température ;
 - l'oxydation de l'eau (et son pH) ;
 - la pression à laquelle est soumise cette eau.
- Pour les conditions cinétiques :
 - le temps (et la cinétique du phénomène dans le cas d'une stagnation) ;
 - la vitesse de l'eau.

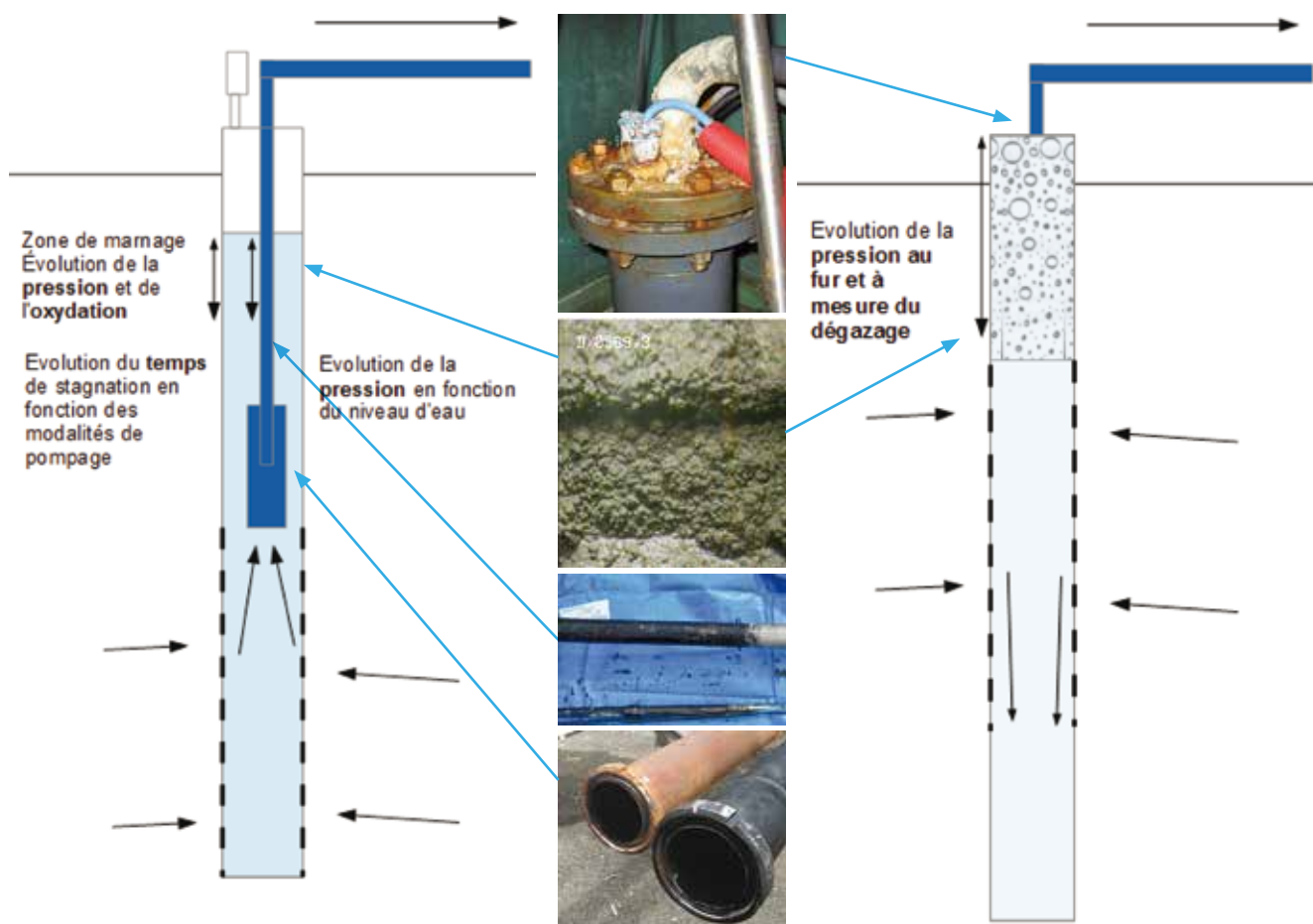
Toute étape du « process » thermal où ces paramètres évoluent change les conditions d'équilibre de l'eau et peut donc devenir un lieu où les dépôts (minéraux) se forment.

Les conditions d'équilibre de l'eau peuvent évoluer sur toutes les étapes du « process » thermal suivant sa configuration.

FORAGE	TRANSPORT/ DISTRIBUTION	STOCKAGE	ECHANGEUR	POINT D'USAGE/ REJETS
<p>Suivant les conditions de captage : artésianisme/pompage continu/intermittent les caractéristiques de l'eau (gazeuse/plate)</p> <p>Les paramètres de - pression - vitesses - oxydation/Ph - temps Peuvent évoluer au niveau du captage</p>	<p>Suivant les conditions de transport/distribution : gravitaire/sous pression continu/intermittent calorifugé/... les caractéristiques de l'eau (gazeuse/plate)</p> <p>Les paramètres de - pression - vitesses - oxydation/Ph - température Peuvent évoluer durant le transport/distribution</p>	<p>Suivant les conditions de stockage : aérien/sous pression Renouvellement permanent/... calorifugé/... les caractéristiques de l'eau (gazeuse/plate)</p> <p>Les paramètres de - pression - temps - oxydation/Ph - température Peuvent évoluer au niveau du stockage</p>	<p>Suivant les conditions de traitement thermique réchauffage/refroidissement Puis : mitigeage/mélange... les caractéristiques de l'eau (gazeuse/plate)</p> <p>Les paramètres de - pression - température Peuvent évoluer à l'étape traitement thermique</p>	<p>Suivant les conditions d'utilisation de l'eau : bain calme/douche sous pression Mélange/mitigeage les caractéristiques de l'eau (gazeuse/plate)</p> <p>Les paramètres de - pression - temps - oxydation/Ph - température Peuvent évoluer au niveau du point d'usage et du rejet</p>

CAS DU FORAGE

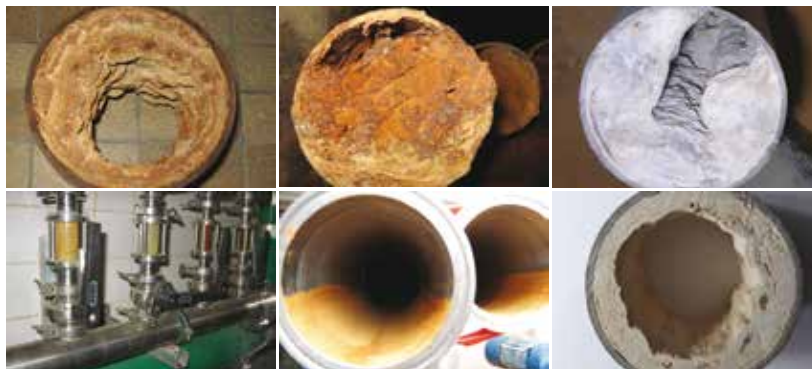
Le facteur pression est généralement celui qui évolue le plus



■ CAS DU TRANSPORT/DISTRIBUTION

Les facteurs pression/vitesse et oxydation sont généralement les facteurs évoluant le plus

Le mode de fonctionnement est généralement le facteur conditionnant l'évolution de la pression, l'oxydation et la vitesse de l'eau et donc la présence de dépôts (gravitaire ou sous pression, vitesses de circulation et circulation permanente ou pas)



■ CAS DES ÉCHANGEURS

Le facteur température est celui qui évolue le plus, le tout dans une cinétique rapide

Au vu de sa cinétique, cette étape du process est souvent celle où le plus de dépôts se forme.

Sur les visuels ci-dessous : la même plaque échangeur, en fin de saison avant/après un nettoyage à l'acide



■ CAS DU STOCKAGE

Les facteurs pression, temps et oxydation sont généralement les facteurs évoluant le plus

La conception du stockage est généralement le facteur conditionnant l'évolution de la pression (bâche/...), l'oxydation (disconnection/...) et le temps de stockage de l'eau et donc la présence de dépôts.



CAS DU POINT D'USAGE ET REJET

Les facteurs pression et oxydation sont généralement les facteurs évoluant le plus à cette étape

Suivant la conception du « process » thermal, le point d'usage (ou le rejet) est l'endroit où l'eau peut se retrouver pour la première fois à pression atmosphérique et « à l'air libre » induisant une forte variation de pression et d'oxydation de l'eau et donc la présence de dépôts.



CONCLUSIONS

Suivant la conception et les modalités d'exploitation du « process », **toute étape de ce « process » thermal peut faire évoluer les conditions d'équilibre de l'eau et peut donc devenir un lieu où les dépôts (minéraux) se forment.**

RECOMMANDATIONS

- Identifier les paramètres spécifiques à l'eau qui influent sur la présence de dépôts ;
- Toujours corréler cela avec l'expérience sur site ;
- Identifier les étapes où ces paramètres évoluent ;
- Mettre en place des éléments de gestion associés sur ces étapes et être vigilant à chaque modification du « process ».

AU FINAL

Il est nécessaire d'adapter l'exploitation à ces phénomènes en comprenant les mécanismes et en tenant compte de l'expérience spécifique de chaque site.

DÉFINITIONS

DÉPÔTS ET ENTARTRAGE LIÉS À L'EXPLOITATION DES EAUX THERMALES

Les biofilms

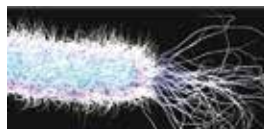
Caroline de PORTAL,
LHE - Laboratoire, Hydrologie, Environnement

BIOFILMS : LES SUPPORTS, LA STRUCTURE, LA MATRICE



LES SUPPORTS

- inertes : verre, métal, plastique, dent, rocher
- cellules animales : muqueuses, intestinales, pulmonaires
- cellules végétales



LA STRUCTURE

- bactéries en contact avec une surface ≠ bactéries en suspension :
- modification du LPS
- modification de l'hydrophobicité de la surface des cellules
- modification de certains gènes
- résistance accrue aux antibiotiques

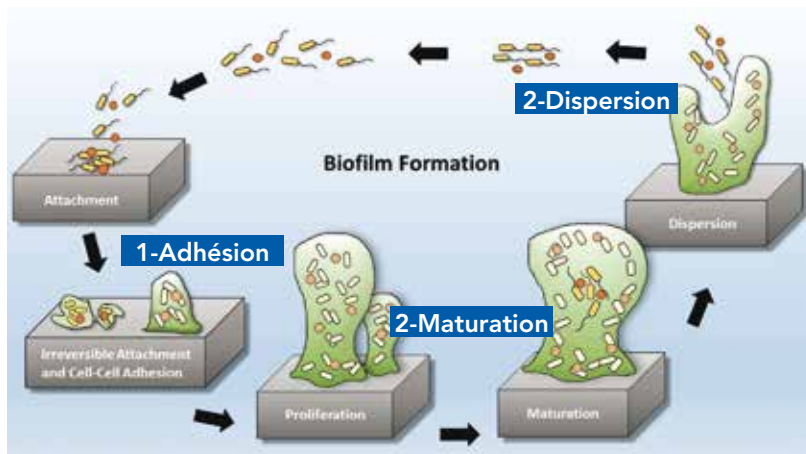


LA MATRICE

- le glycocalyx : enchevêtrement de fibres (polysaccharides et glycoprotéines) associant les bactéries les unes aux autres

- 1-Spécifiques à chaque type de bactérie
- 2-Non spécifique : glucose, galactose

BIOFILMS : LES ÉTAPES DE LA FORMATION



ADHESION

- 1- conditionnement de la surface
- 2- mouvement bactérien = interactions réversibles
- 3- adhérence à la surface = interactions irréversibles

MATURATION

- 1^{er} stade :
 - stratifications cellulaires
 - multiplication et formation de colonies
- 2^e stade :
 - croissance et maturation
 - importance de la AHL

DISPERSION

- contraintes physiques : abrasion, force de cisaillement, formation de bulles de gaz
- disponibilité des nutriments : limitation en oxygène, privation nutritionnelle
- signaux intercellulaires
 - ➔ libération des bactéries pathogènes

Afth

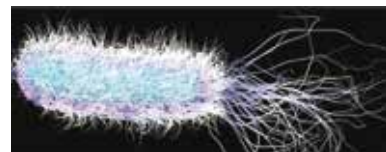
BIOFILMS : RÉISTANCES AUX BIOCIDES/ANTIBIOTIQUES

⇒ L'union fait la force

- 1- **RÉSISTANCE PASSIVE** : la couche externe protège les couches internes
- 2- **RÉSISTANCE ACTIVE** : apports nutritifs (pompes à flux)
- 3- **RÉSISTANCE MÉTABOLIQUE** : phénomène de dormance (modification et stabilisation de l'activité enzymatique)
- 4- **RÉSISTANCE GÉNÉTIQUE** : adaptation, modification de l'expression génétique

BIOFILMS : FACTEURS INFLUENÇANT LA FORMATION

- 1- **LIÉS AUX BACTÉRIES** : mobilité, propriétés physicochimiques (caractère hydrophobe/phile, âge de la culture, état physiologique...)



- 2- **LIÉS AU SUPPORT** : propriétés physicochimiques (charge et caractère hydrophobe/phile, rugosité...)



- 3- **LIÉS À L'ENVIRONNEMENT** : conditions d'écoulement, le milieu (ph, température, résidus désinfectants, apport de nutriments...)

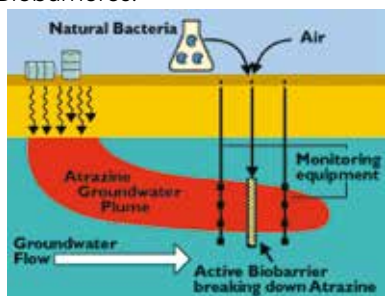
BIOFILMS : LES CONSÉQUENCES

LES BÉNÉFICES

- Equilibre écologique :
 - Piégeage de molécules organiques, minérales et de particules en suspension.
 - Métabolisation et purification de l'environnement.



- Biobarrières.



LES CONSÉQUENCES NÉFASTES

- Résistance aux agressions extérieures = élimination difficile
- Corrosion
- Diminution de la perméabilité des systèmes de filtration
- Réservoir de germes = contamination continue par détachement des bactéries.

BIOFILMS : LES MESURES À PRENDRE

MESURES PRÉVENTIVES

- traitement chimique (chloration...)
- maîtrise de la quantité de CODB
- maîtrise de la quantité de micro-organismes

MESURES CURATIVES

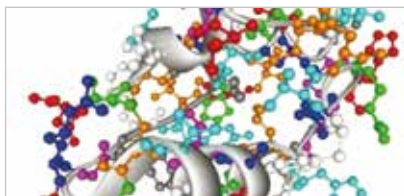
- Étude des supports (limitation de l'adhésion)
- Traitements chimiques (oxydants,...)
- Traitements mécaniques (purgé, nettoyage mécanique,...)

BIOFILMS : LES MÉTHODES D'ANALYSE



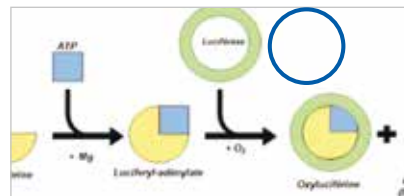
MICROBIOLOGIQUES TRADITIONNELLES

- ☞ Détachement du biofilm
- ☞ Temps d'incubation
- ☞ Sous-estimation de la viabilité bactérienne
- ☞ Peu représentatif de la population bactérienne



BIOCHIMIQUES dosage des protéines

- ☞ Simple, rapide, peu coûteuse
- ☞ Sensibles (quelques microgrammes)
- ☞ Reproductible et spécifique



ATP-MÉTRIE

- ☞ Réponse en temps réel
- ☞ Détachement du biofilm
- ☞ Manque de spécificité
- ☞ Réaction inhibée par différents facteurs (sulfates, chlorures,...)

CONCLUSIONS ET ENJEUX

- réduire les développements bactériens et les dépôts
- réduire les quantités de produits (préventif et curatif) :
 - impact environnemental,
 - coût,
 - exposition des personnels
- améliorer la gestion du risque sanitaire
- valider les protocoles de surveillance et de nettoyage



La corrosion caverneuse des aciers inoxydables

DANS LES EAUX THERMALES

J. LÉDION, EPF - École d'Ingénieur
AMVALOR



■ RAPPELS SUR LES ACIERS INOXYDABLES DANS L'EAU

Avantages :

- Nuances variées
- Relargages d'ions métalliques quasi nuls
- Nettoyage et désinfection aisés
- Substrat non nutritif pour les bactéries

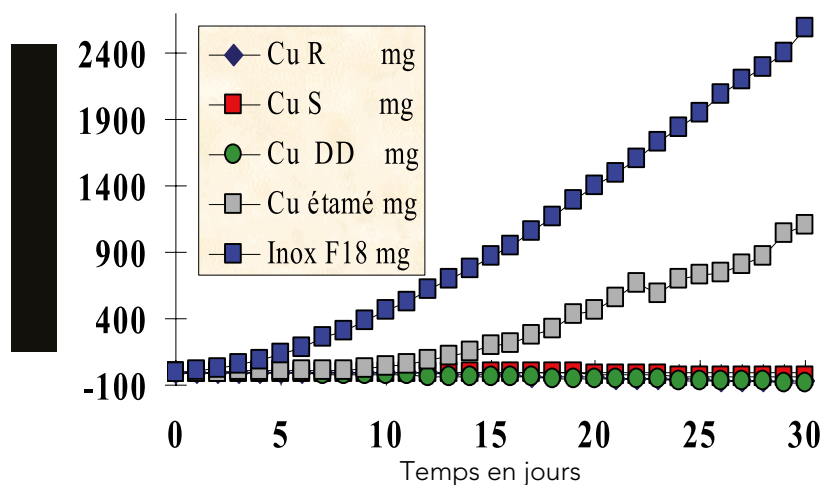
Inconvénients :

- Entartrage et encrassement faciles
- Pas d'effet bactéricide du substrat
- Fixation facile des bactéries et des biofilms
- Métal passivable = corrosions localisées possibles
- Très sensibles aux pollutions ferriques

Référence: Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eau (2003) :

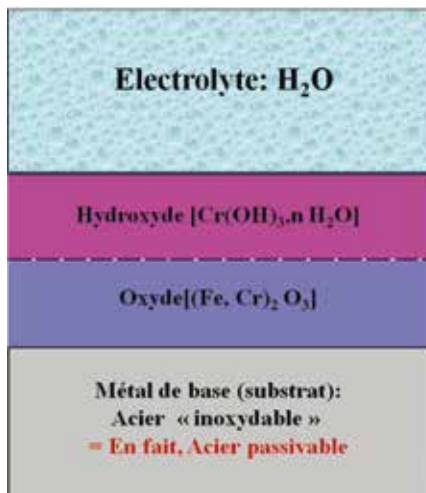
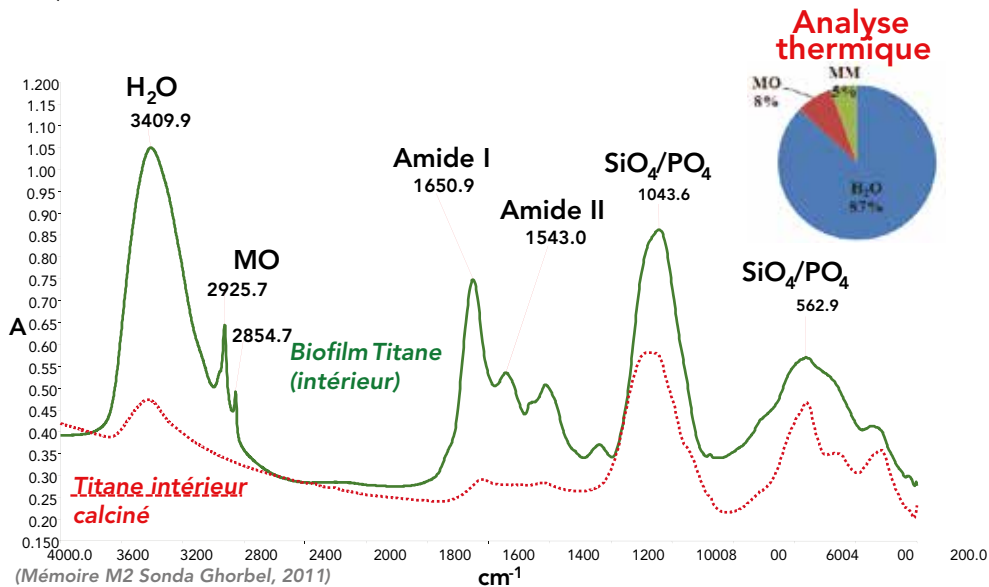
<https://www.astee.org/production/guide-pour-lutilisation-des-aciers-inoxydables-dans-les-reseaux-deau/>

■ ENTARTRAGE : INFLUENCE DE LA NATURE DU MATÉRIAU



SPECTRES IR DE BIOFILM (INTÉRIEUR D'UN TUBE, 485 J), AVANT ET APRÈS CALCINATION À 550° C

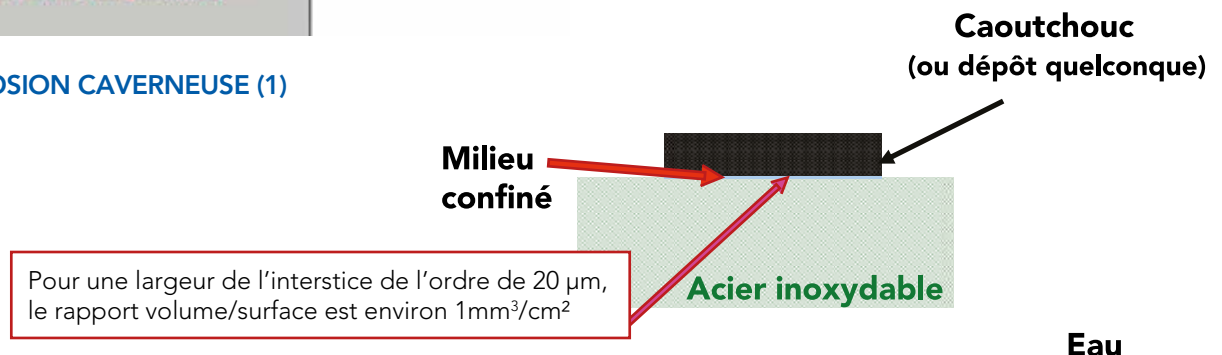
CORROSION CAVERNEUSE (ou par crevasse) = Corrosion qui se développe dans des zones de confinement de l'électrolyte (l'eau)



Espaces confinés:

- Assemblages mécaniques, anfractuosités diverses,
- Joints, raccords,
- Dépôts de produits divers (tartres, produits de corrosions, biofilms, boues, etc.)
- Zones oxydées à chaud (soudures) et non décapées

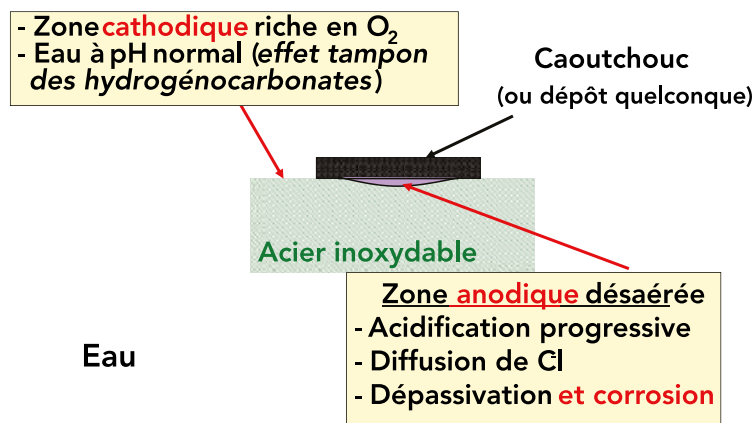
CORROSION CAVERNEUSE (1)



3 phases:

- **Incubation** (de quelques heures à quelques mois)
- **Amorçage**
- **Propagation**

CORROSION CAVERNEUSE (2)



MECANISME DE LA CORROSION CAVERNEUSE

En milieu aqueux :

- Réduction de O_2 : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (1) (à l'extérieur de la zone confinée)
- Réaction d'oxydation : $2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^-$ (2) (à l'intérieur de la zone confinée)

En corrosion, il y a toujours oxydation et acidification à l'anode, réduction et alcalinisation à la cathode.

Donc acidification du milieu confiné.

O_2 dissous de l'eau, à l'extérieur de la zone de confinement, est donc le « moteur » de la corrosion de la caverne.

Dans la zone de confinement :

- Réaction d'oxydation : $2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^-$
- Enrichissement en Fe^{2+} et Fe^{3+}
- Précipitation de l'oxyhydroxyde de fer $FeOOH, nH_2O$
- Consommation de OH^- du solvant (l'eau)
- Réaction d'autolyse : $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ (acidification)
- Déséquilibre ionique, d'où diffusion d'anions (Cl^-)

Conséquence: dans la caverne, on passe de l'eau à de l'acide chlorhydrique. Dépassivation, puis corrosion.

Valeur du pH de dépassivation :

X6Cr 17	1.4016	$pH_d: 3,0$
X6Cr Mo 17-1	1.4113	$pH_d: 2,4$
X2Cr Mo Ti 29-4	1.4592	$pH_d: 1,1$
X2Cr Mo Ti 18-2	1.4521	$pH_d: 1,6$
X5Cr Ni 18-10	1.4301	$pH_d: 2,1$
X5Cr Ni Mo 17-12-2	1.4401	$pH_d: 1,8$
X1Cr Ni Mo Cu N 25-25-5	1.4537	$pH_d: 0,6$

PRÉVENIR LA CORROSION CAVERNEUSE

- Conception soignée évitant au maximum les possibilités de confinement et de stagnation
- Mise en œuvre conforme aux règles de l'art : surfaces « propres » (pollutions ferriques)
- Nécessité d'un nettoyage correct (Produits de nettoyage prohibés)
- Attention portée à la qualité des joints ou des systèmes de raccords
- Exploitation de l'installation évitant au maximum les dépôts et les stagnations prolongées
- Choisir des nuances appropriées (Cr et Mo)

Références: Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eau (2003)

<https://www.astee.org/production/guide-pour-lutilisation-des-aciers-inoxydables-dans-les-reseauxd'eau/> ;

Entretien des aciers inoxydables dans les applications alimentaires ou sanitaires. Référentiel de bonnes pratiques, AFNOR, 2001

Focus sur la déferrisation

CADRE RÉGLEMENTAIRE

J. P. FOUQUEY, Hygie Concept

DÉPÔTS & TRAITEMENTS AUTORISÉS

■ RÉGLEMENTATION DU THERMALISME

Arrêté du 27 février 2007 relatif aux traitements de l'eau minérale naturelle utilisée à des fins thérapeutiques dans les établissements thermaux (extrait articles 1 et 2)

Art. 1^{er} – Une eau minérale naturelle, utilisée à des fins thérapeutiques dans un établissement thermal, ne peut faire l'objet d'aucun traitement ou adjonction autre que :

- 1) La séparation des éléments instables, par décantation, filtration, éventuellement précédée d'une oxygénation ;
- 2) L'absorption sélective sur supports de filtration recouverts d'oxydes métalliques ;
- 3) L'élimination de gaz carbonique libre par des procédés exclusivement physiques ;
- 4) L'incorporation ou la réincorporation de gaz carbonique ;
- 5) La désinfection visant à prévenir les risques sanitaires spécifiques à certains soins indiqués en annexe au présent arrêté.

Art. 2. – Toutes les mesures nécessaires sont prises pour garantir l'efficacité et l'innocuité du traitement.

A l'exception du traitement mentionné au 5^o de l'article 1^{er} du présent arrêté, **ces traitements ou adjonctions ne doivent pas avoir pour effet de modifier la composition de l'eau dans ses constituants essentiels** autres que ceux faisant l'objet du traitement, **ni pour but de modifier les caractéristiques microbiologiques** de l'eau minérale naturelle.

Quid des éléments qui coprécipitent naturellement ?

Manganèse ? Cuivre ? Arsenic ? Autres éléments oxydables ?

■ RÉGLEMENTATION EN EMBOUTEILLAGE

La directive du Conseil n° 80/777/CEE du 15 juillet 1980 (modifiée par la directive 96/70/CE du 28 octobre 1996) précise :

- 1) Une eau minérale naturelle, telle qu'elle se présente à l'émergence ne peut faire l'objet d'aucun traitement autre que :
 - a) la séparation des éléments instables, tels que les composés du fer et du soufre, par filtration ou décantation éventuellement précédée d'une oxygénation, dans la mesure où **ce traitement ne modifie pas la composition de cette eau quant aux constituants essentiels** qui lui confèrent ses propriétés ;
 - b) la séparation des composés du **fer**, du **manganèse** et du **soufre**, ainsi que de l'**arsenic** de certaines eaux minérales naturelles à l'aide d'un **traitement par l'air enrichi en ozone**, dans la mesure où ce traitement ne modifie pas la composition de l'eau quant aux constituants essentiels que lui confèrent ses propriétés,

Afth

c) La séparation des constituants indésirables autres que ceux spécifiés aux points a) ou b), dans la mesure où ce traitement **ne modifie pas la composition de l'eau quant aux constituants essentiels qui lui confèrent ses propriétés**, et sous réserve que :

- le **traitement soit conforme aux conditions d'utilisation** qui seront déterminées selon la procédure prévue à l'article 12 et **après consultation du comité scientifique** de l'alimentation humaine ;
- le traitement soit notifié aux autorités compétentes et fasse l'objet d'un contrôle spécifique de la part de celles-ci.

d) l'élimination totale ou partielle de gaz carbonique par des procédés exclusivement physiques

2) Une EMN ne peut faire l'objet d'aucune adjonction autre que l'incorporation ou la réincorporation de CO₂

■ EXEMPLE DE TRAITEMENT EN EAU MINÉRALE EMBOUTEILLÉE

Déferrisation - démanganisation sur sable manganifère

Exemple DANONE

	Eau brute (mg/l)	Eau traitée (mg/l)
Minéralisation totale	1 100	1 100
CO ₂ libre	1 800	1 800
Fer	5,5	< 0,05
Manganèse	0,85	< 0,3

Caractéristiques Eau DANONE	pH	Conductivité (µS/cm)	[CO ₂] mg/l	[HCO ₃ ⁻] mg/l	[Ca ⁺⁺] mg/l	[Mg ⁺⁺] mg/l	[Cl ⁻] mg/l
Avant filtration	5,9	1 500	2 270	1 110	283	21,0	18,0
Après filtration	5,9	1 490	2 280	1 110	283	21,0	18,0

■ QUID GBPTH ?

Type physico chimique de l'eau

Eaux ferrugineuses

Eaux carbogazeuses

Principales caractéristiques du comportement

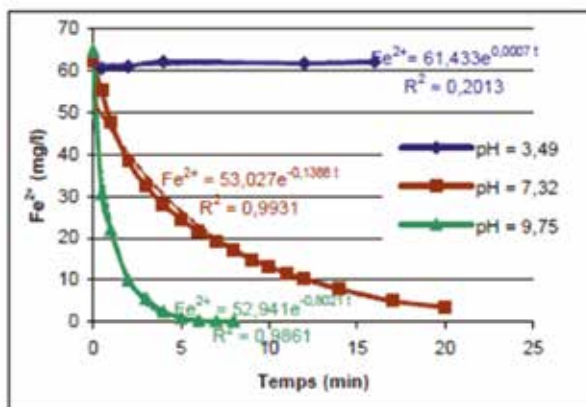
Dépôts d'hydroxydes ou de carbonate de fer; corrosion

Dépôts de carbonates de calcium ou de fer au moindre dégazage de gaz carbonique par augmentation de température ;
Inhibition de la prolifération de germes aérobies stricts ;
Corrosion ;
Dégazage naturel.

Nécessité d'informer les curistes sur les traitements mis en œuvre

Nécessité de qualifier les traitements

■ COMMENT DIMENSIONNER UN TRAITEMENT ?



Cinétique d'oxydation du fer

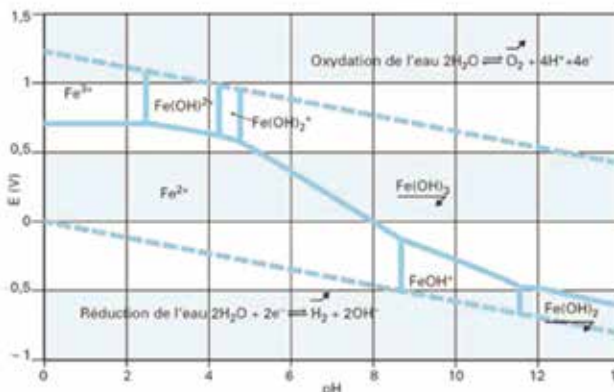
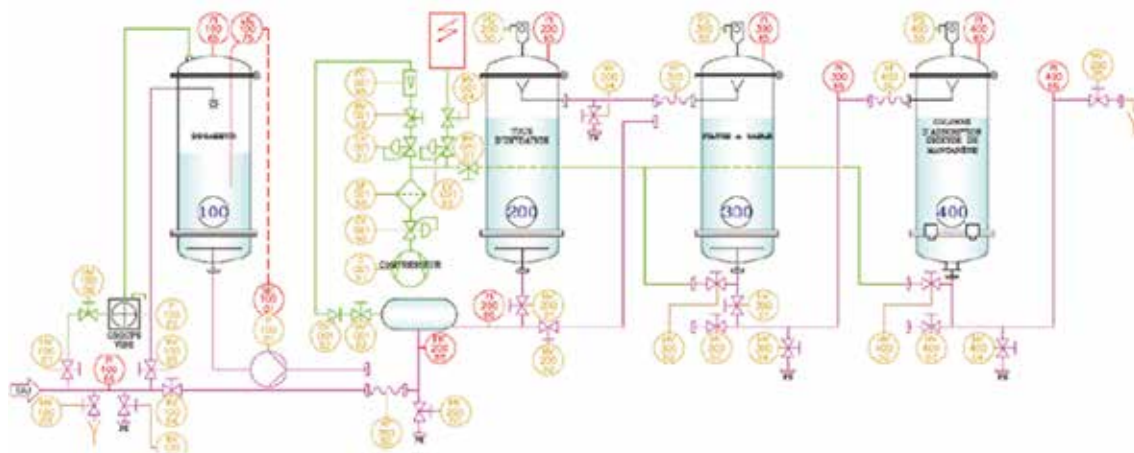
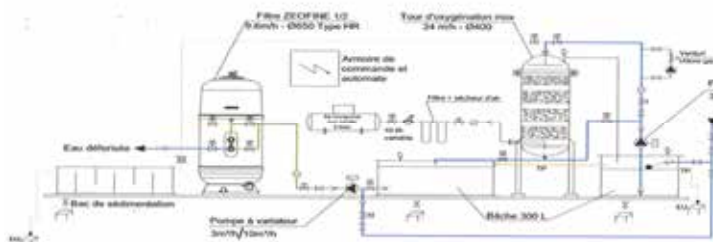
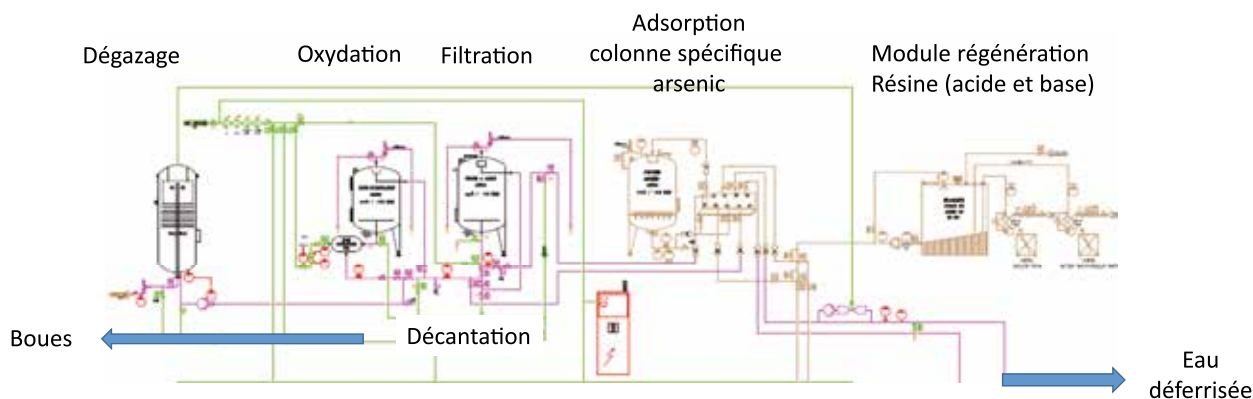


Diagramme Eh-pH du fer

- ➡pilote, essais,
- ➡ avis ANM
- ➡ avis ARS



■ EXEMPLE DE CHAÎNE DE TRAITEMENT



Pour un débit de 110 m³/h avec une concentration moyenne de 5,17 mg/l de fer on aura en théorie une production totale de 28,582 kg de fer par jour
➡ # 5 400 Kg pour 180 jours de cure
Prévoir le retraitement de ces boues !

INCONVÉNIENTS DES TRAITEMENTS

- Coût des installations
- Modification des potentiels d'oxydo réduction corrosion des inox
- Formation de boues et leur élimination (versus élimination des acides)
- Technicité et nécessité de formation / qualification des intervenants
- Modification de coloration de l'eau (piscine)
→ acceptabilité par les curistes ?

AVANTAGES DES TRAITEMENTS

- Optimisation de l'exploitation
 - Économie de produit
 - Maintenance facilitée
 - Lutte contre dégradation des équipements
 - Consommation du chlore dans les piscines à transparence
- Optimiser le fonctionnement des réacteurs UV placés au plus près des points d'usage
- Optimiser les traitements curatifs en limitant la consommation des biocides (traitement chimique) et/ou la formation de tartre (traitement thermique).

Installations N.E.P. ou C.I.P.

J. LIRONCOURT, Stas Doyer

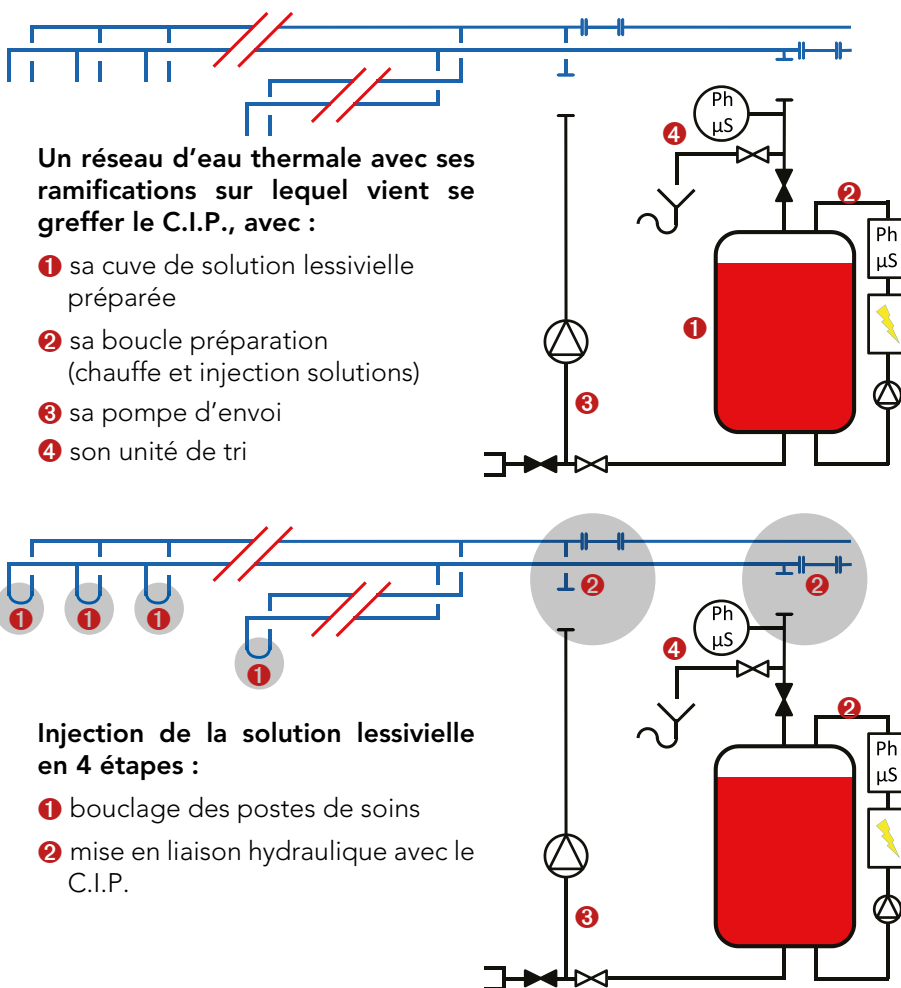
DÉPÔTS & TRAITEMENTS AUTORISÉS

■ UNE DES DÉFINITIONS :

Un **Nettoyage En Place (N.E.P.)** ou **Clean In Place (C.I.P.)** est un système automatique de nettoyage d'installations techniques, sans démontage. Il est le plus souvent intégré au process et aux équipements de soins lors de la conception globale des installations.

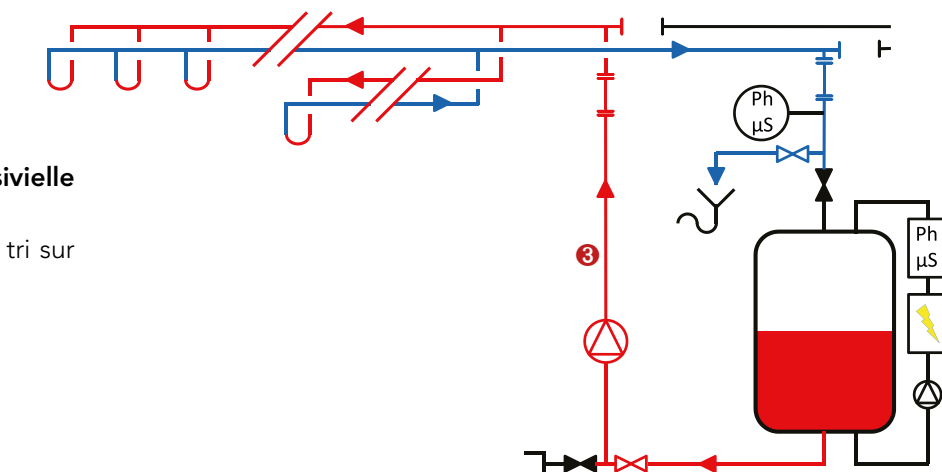
Il permet un « lessivage », un « détartrage » ou une « désinfection » de l'ensemble des installations concernées, via une installation technique parallèle.

■ LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

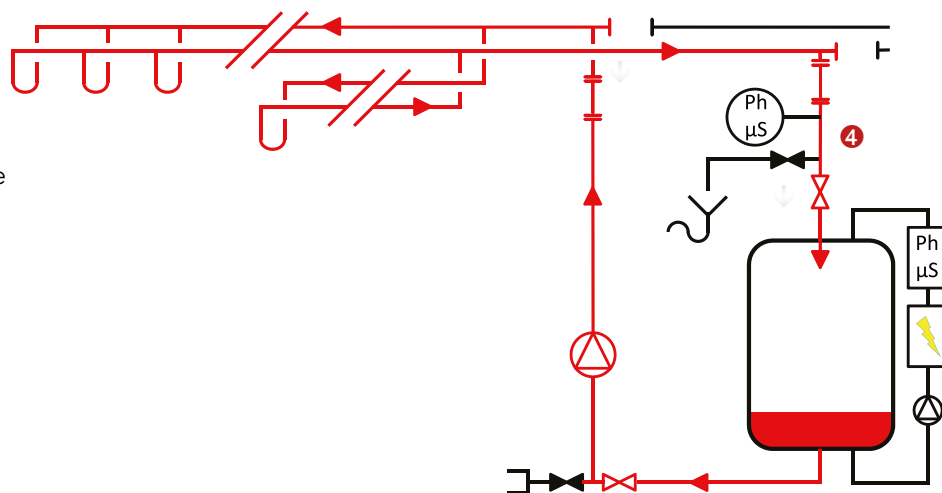


Injection de la solution lessivienne en 4 étapes :

- ③ injection de la solution et tri sur le retour de boucle

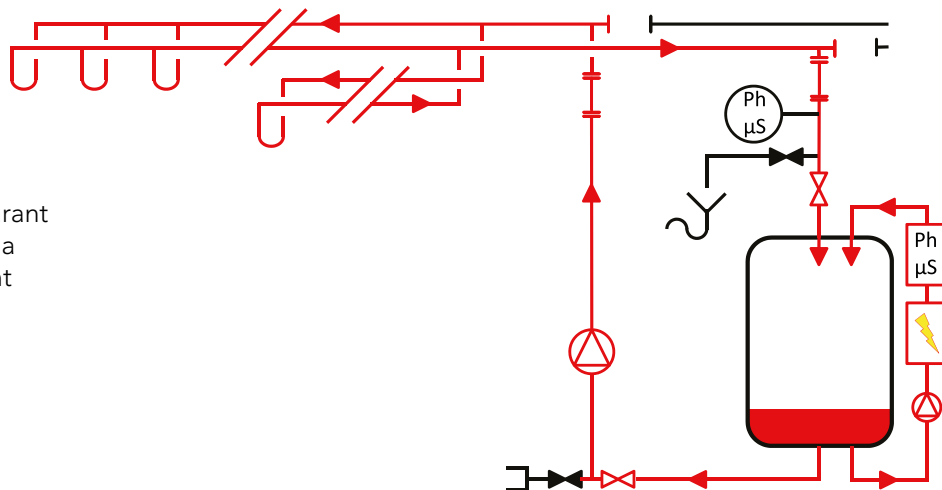


- ④ détection du produit sur le retour de boucle



Temps de contact C.I.P.

Généralement 30 minutes durant lesquelles la température et la concentration du produit sont régulées



Récupération de la solution :

La solution est poussée à l'eau banale et cette dernière est détectée sur le retour de boucle

La solution est récupérée et disponible sur la prochaine opération C.I.P

■ LES BASES DE DIMENSIONNEMENT :

- Un volume de cuve de stockage équivalent au volume mort des circuits à traiter
Prévoir 20 à 30 % de plage de sécurité (cf ❶ page 24).
- Une pompe C.I.P. dimensionnée pour assurer une vitesse de circulation minimale de 2 m/s dans les collecteurs (cf ❸ page 24).
- Une boucle de maintien en température dimensionnée pour compenser les pertes en ligne (cf ❹ page 24).

■ AUTRES APPLICATIONS POSSIBLES :

- Traitement du transport jusqu'à la tête de forage.
- Traitement du stockage.

■ EXEMPLES D'INSTALLATIONS :



- Sur process Inox



- Sur process P.V.C. et P.P.

■ LES ATOUTS DU C.I.P. :

Une efficacité de nettoyage et de désinfection de vos réseaux, tout en maîtrisant vos consommations d'eau, d'énergie, de solutions lessiviellles et/ou désinfectantes.

Une gestion rationnelle de vos rejets et de leurs impacts (pollution thermique, pollution chimique).

■ LES CONTRAINTES DU C.I.P. :

Un investissement initial conséquent et un niveau de technicité de mise en œuvre souvent plus complexe.

La difficulté à toujours pouvoir « boucler » l'ensemble des installations techniques : notamment au niveau de certains postes de soins.

■ ÉTUDE DE CAS :

Nettoyage d'un collecteur de distribution d'eau thermale de diamètre Ø80 et de 200 m de longueur développée avec une solution diluée à 0,5 %, portée de 20 à 60°C, durant un temps de contact de 30 minutes en maintenant une vitesse hydraulique de 2 m/s :

SANS C.I.P. :

Ø80 à 2m/s 36,2 m³/h

Chauffage de 20 à 60 °C - 1 680 kW* si instantané (*calcul excluant la surchauffe permettant de compenser les pertes en ligne)

Temps de contact de 30 min - 18,1 m³ et 839 kWh (*calcul de consommation excluant l'impact de la surchauffe permettant de compenser les pertes en ligne)

Concentration en produit 0,5% 90 L

AVEC C.I.P. :

200 m de collecteurs Ø80

environ : - 2 m³ (volume de solution + les pertes (tri sur retour de boucle C.I.P.))

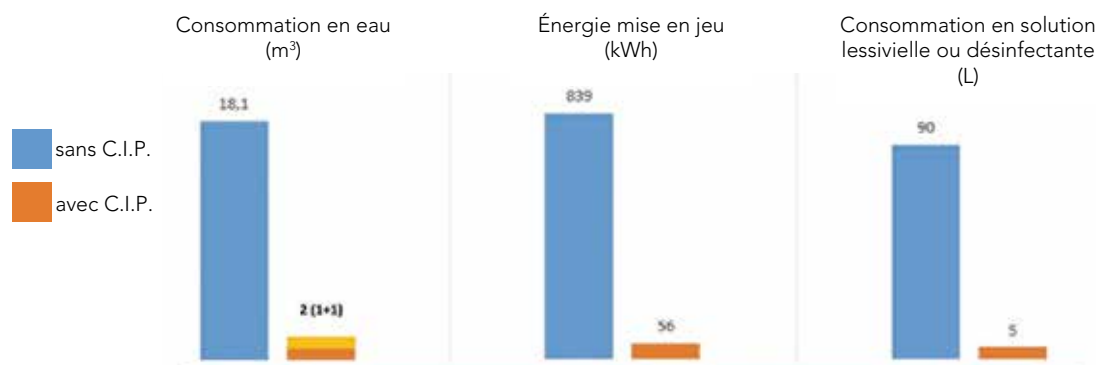
- 46 kWh* (* calcul excluant les pertes énergétiques en ligne)

- 5 L de solution mère

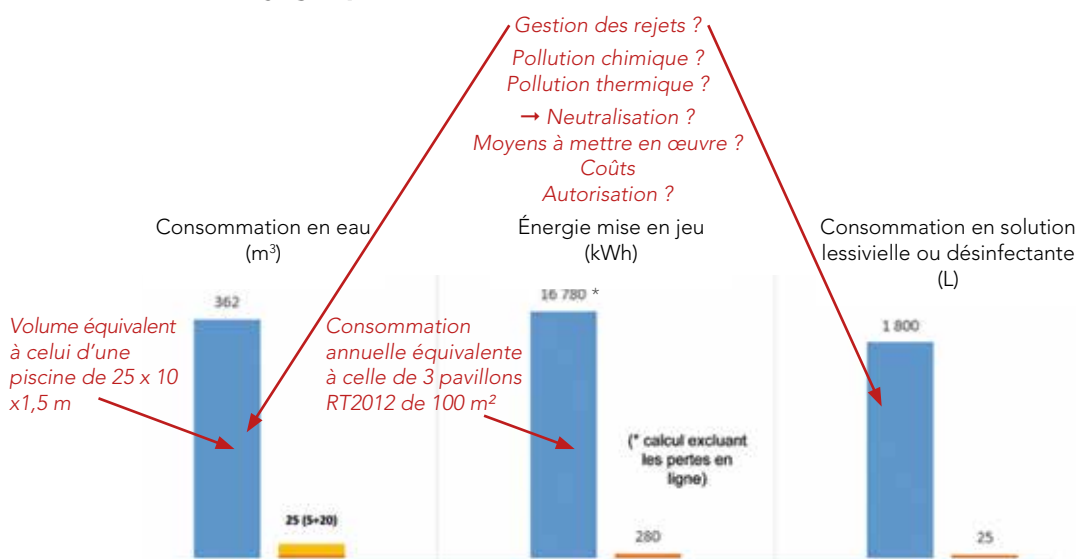
Ceci indépendamment du temps de contact qui peut être de 30 minutes ou plus (*à l'exception de la consommation énergétique liée aux pertes en ligne)

ÉTUDE DE CAS :

(Ø80, 200m, 2m/s, 20→60°, 30 min, 0,5%)



Bilan annuel, 20 nettoyages par an / 5 renouvellements C.I.P.



CONCLUSIONS

La contrainte globale, liée à la gestion des dépôts varie considérablement d'un site à un autre : elle est la résultante de plusieurs paramètres :

- la nature de votre eau ;
- Le process thermal retenu et son impact sur l'équilibre de votre eau (transport, stockage, chauffage, refroidissement, distribution, etc.) ;
- Etc.

Le Nettoyage En Place est une des solutions apportées aux exploitants.

Cette solution s'inscrit essentiellement dans une démarche préventive dont l'opportunité dépendra :

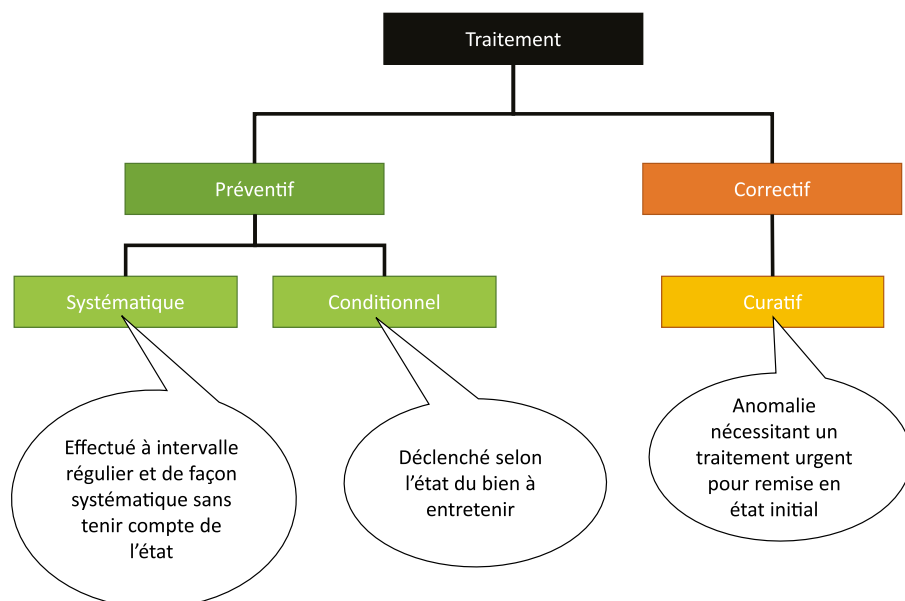
- de **vos contraintes** ;
- du **coût global (investissement + fonctionnement)** de cette solution opposée aux autres.

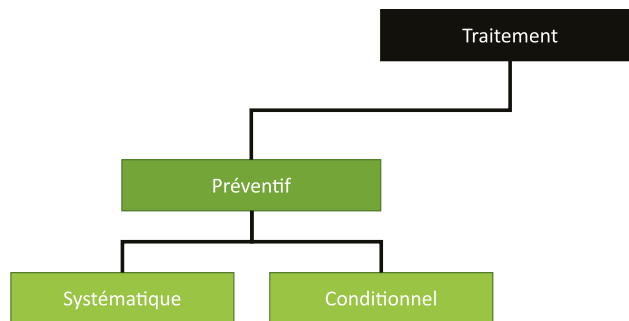
Traitements préventifs et correctifs

Philippe HYPOLLITE,
PLC Consulting



DEUX TYPES DE TRAITEMENTS : PRÉVENTIFS & CORRECTIFS





Les traitements préventifs systématiques sont majoritairement employés dans les établissements thermaux.

Avant le redémarrage de saison, de 1 à 4 semaines en général, un traitement des réseaux et des éventuels stockages est opéré par les exploitants ou un prestataire.

En cours de saison, après une approche souvent empirique, **un calendrier de traitement** est établi en fonction des caractéristiques de l'eau minérale :

- vitesse et importance de déposition des minéraux et/ou des métaux ;
- développement du biofilm ;
- efficacité des traitements ;
- moyens humains et techniques disponibles.

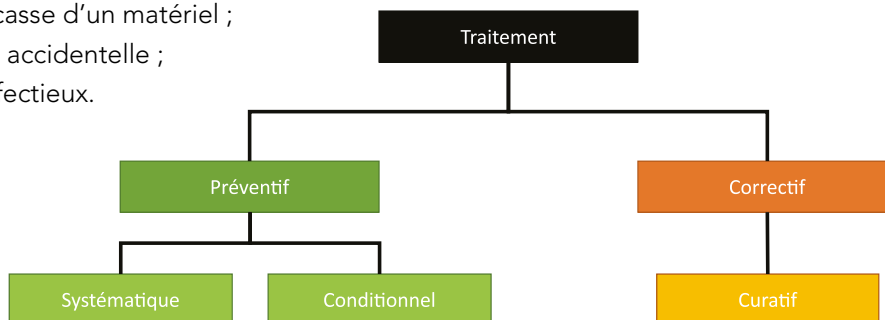
Les traitements préventifs conditionnels sont rarement employés dans les établissements thermaux, sauf pour des matériels spécifiques (échangeurs, filtres, etc...).

Ils nécessitent la mise en place d'indicateurs permettant de déclencher le traitement :

- sonde de température et/ou conductivité ;
- sonde de pression (différentielle ou absolue) ;
- fenêtre de visu (dépôt visible à l'oeil nu) ;
- plan d'échantillonnage (autocontrôle et/ou réglementaire).

Le recours aux traitements curatifs est directement lié à l'(in)efficacité des traitements préventifs. En effet, un programme de traitement préventif adapté limite de fait la mise en oeuvre de traitement curatif :

- résultats d'analyse bactériologique (non conformité ou alerte ponctuelle) ;
- fuite ou casse d'un matériel ;
- pollution accidentelle ;
- risque infectieux.



■ LE DÉTARTRAGE

Le terme "détartrage" est souvent mal employé. Dans l'esprit du plus grand nombre, le nettoyage des parois et la désincrustation des minéraux et métaux sont fréquemment confondus.

Le détartrage est l'opération consistant à l'élimination des dépôts de calcium et de magnésium.

Le recours à des solutions acides est de fait obligatoire. On résout donc un problème d'ordre chimique par une solution chimique.

Afin de limiter la concentration en acide, il est souvent préférable d'utiliser un assemblage de différents composants plutôt qu'un monoproduit qui aura un effet limité et un dosage plus fort.

Les avantages de cette approche sont :

- respect des matériels et des matériaux ;
- sécurité des personnes ;
- environnement (rejets réduits).

En cas de présence de métaux (fer, manganèse,...), l'adjonction d'un produit oxydant et/ou réducteur pourra compléter la solution de détartrage sans altérer l'effet premier recherché.

Chaque cas est particulier compte-tenu des faciès des eaux minérales naturelles exploitées par les établissements thermaux.

Il n'y a donc pas de solution unique et standard transposable d'un établissement à l'autre.

Exemple : détartrage de réseaux inox et/ou PVC

Un mélange d'acide phosphorique, d'acide nitrique et d'adjuvants facilitant l'action pénétrante des matières actives permettra d'atteindre de très bons résultats à des concentrations faibles mais bien dosées.

La détermination des dosages des différents produits est le résultat de tests et d'analyses terrains combinés à l'étude hydraulique des réseaux.

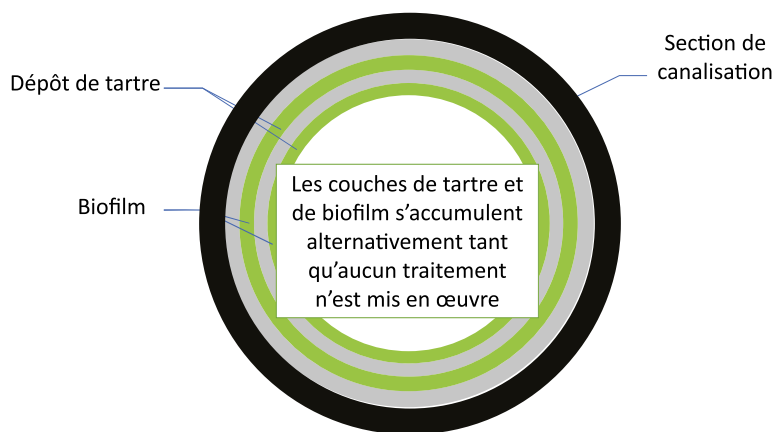
■ LA DÉSINFECTION

Cette opération consiste à "tuer" les bactéries, qu'elles soient indésirables ou non. Il n'existe pas de biocide sélectif mais un ciblage est toutefois possible sous certaines conditions.

Plusieurs approches sont possibles :

- **chimique** : chlore, peroxyde, soude, etc. ;
- **thermique** : atteindre une température cible en fonction des bactéries à éliminer ;
- autres : lampe UV, ionisation, radiation, ...

■ LE DÉPÔT MULTICOUCHE



Un traitement chloré traitera la surface du biofilm qui se désagrégera dans les heures qui suivront.

Un traitement thermique acide permettra d'obtenir de meilleurs résultats mais pas d'élimination totale.

Un traitement thermique acide avec une solution oxydante permettra d'éliminer totalement le tartre et le biofilm.

Pour exemple à 50°C avec ce type de mélange, on obtient des résultats semblables à ceux obtenus à 70°C

Et rappelons nous qu'on ne peut désinfecter que ce qui est déjà propre et/ou exempt de dépôt

EN CONCLUSION

Un programme de traitement préventif systématique des réseaux, complété de traitements conditionnels sur certains matériels sensibles, est préférable à un traitement curatif très souvent réalisé en urgence et dont l'issue est souvent incertaine.

La détermination du mode opératoire ne peut être que la résultante d'une étude terrain permettant de déterminer les produits les plus adéquats, leurs concentrations, la fréquence d'usage et les temps de contacts.

Les dépôts issus d'eaux fortement minéralisées ne peuvent être traités avec un produit unique mais avec un assemblage de plusieurs composés chimiques et/ou organiques.

DÉPÔT DANS LES RÉSEAUX D'EAU MINÉRALE :

PROBLÉMATIQUES LIÉES DANS LES ÉTABLISSEMENTS THERMAUX

Retour d'expérience sur Châtel-Guyon

Maxime MERCIER
Directeur Technique de Châtel-Guyon
RTC

Les problèmes rencontrés:

- L'eau minérale de Châtel-Guyon
- Le tartre et ses conséquences
- Le fer et ses conséquences

Pourquoi déposent-ils dans les réseaux ?

- Les principales causes de l'entartrage
- Les principales causes de dépôts ferrugineux
- Les principales causes de corrosion des réseaux

Comment nous y avons remédié ?

- Traiter les causes et non les conséquences
- Solutions employées sur le site de Châtel-Guyon
- Coût de nettoyage

■ L'EAU MINÉRALE DE CHÂTEL-GUYON

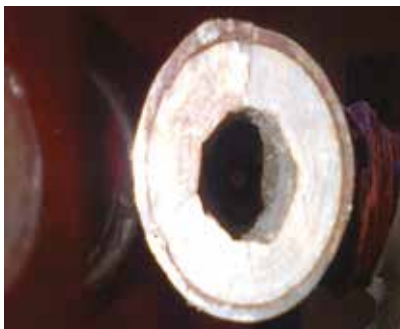
Les éléments physico-chimiques pouvant être source de problématique de dépôts dans les réseaux ou sur les postes de soins, ont été extraits de l'analyse RESS0 des forages 1 et 2 alimentant les thermes HENRY de Châtel-Guyon

	Forage 1	Forage 2	Taux usuel
pH	6,3	6,4	Entre 6,5 et 8,5
TH	228,5 °F	210,5 °F	20°F
Calcium	645,5 mg/l	663 mg/l	100 mg/l
Fer	3693 µg/l	6645 µg/l	200 µg/l

■ LE TARTRE ET SES CONSÉQUENCES

Le tartre:

Dans notre tableau, le teneur en tartre est représentée par la valeur de TH. Elle dépend de la consommation de sels minéraux dans l'eau et se situe entre 15 et 20 degrés français pour la consommation domestique. Ces sels minéraux sont à l'origine de la formation du tartre dans les canalisations. Le Titre Hydrométrique (TH) ou dureté d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium, liée aux terrains traversés.



Tuyauterie en cuivre



Plaques d'échangeur

Comme illustré sur la page précédente, on peut facilement voir, sur Châtel-Guyon, les conséquences du tarte dans les réseaux :

- colmatages des équipements thermiques, en effet le tarte se dépose beaucoup aux points chaud des réseaux ;
- déséquilibre hydraulique des réseaux du fait des variations de température et de débit ;
- colmatage des pompes, des vannes et des robinets de prélèvements ;
- terrain favorable à la colonisation bactérienne ;
- perte d'efficacité énergétique.



■ LE FER ET SES CONSÉQUENCES

L'eau thermique de Châtel-Guyon possède une teneur en fer très importante. Cet élément instable a des conséquences sur les réseaux :

- colmatage des réseaux, y compris l'hydraulique embarquée des matériels de soins et des réseaux d'assainissement ;
- dépôt rouge/orange tenace nécessitant un traitement quotidien par l'utilisation de produits chimiques ;
- transformation physico-chimique ayant une action corrosive ;
- perforation des tuyauteries, même en acier inoxydable.

Dépôt de fer échangeur



Dépôt de fer « bain »



■ POURQUOI AI-JE DU TARTRE DANS MON RÉSEAU ?

- les caractéristiques physico-chimiques déterminent le pouvoir entartrant d'une eau ;
- il s'agit d'un phénomène naturel ;
- les carbonates de calcium présents dans l'eau se transforment en calcite :
 - par aération
 - par échanges thermiques élevés
 - par la circulation de l'eau dans le réseau (chocs, coudes, brassage...)
 - par stockage (hydraulicité et temps de séjours)

■ D'OÙ VIENT LE DÉPÔT ROUGE/ORANGE ?

- le fer est naturellement présent dans l'eau minérale de Châtel-Guyon ;
- issue d'une nappe aquifère profonde, elle est chargée en gaz carbonique jusqu'à la surface terrestre où elle est dégazée ;
- ce dégazage déséquilibre l'eau minérale qui provoque l'oxydation du fer ;
- la présence d'oxygène dissous dans le réseau favorise la formation d'oxydes qui corrodent tous les éléments métalliques présents sur leur chemin ;
- l'oxygène dissous est généralement libéré dans l'eau suite à des changements de vitesse, pression et température, sans dégazage ;
- une hydraulicité trop faible

■ LE TRAITEMENT THÉORIQUE DU TARTRE

Traiter la cause et non les conséquences :

- impossible d'intervenir sur la nature même de l'eau minérale, bien qu'il existe des procédés techniques limitant la formation de tartre

Traiter le calcaire :

- il n'est pas nécessaire d'éliminer le calcaire, il faut l'empêcher de s'accrocher ;
- LA VITESSE est une alliée (mais pas d'excès) ;
- peu de changements de section ;
- la nature des réseaux, les matières plastiques sont plus lisses ;
- limiter les points chauds du réseau ;
- pas de fuites.

■ LE TRAITEMENT THÉORIQUE DU FER

Traiter la cause et non les conséquences :

- impossible d'intervenir sur la nature même de l'eau minérale, **FAUX**, l'arrêté du 27 février 2007 autorise la suppression d'éléments instables comme le fer présent dans les eaux minérales naturelles destinées à des fins thérapeutiques ;
- étudier la possibilité de déferriser.

Sinon, il est possible de :

- maintenir une pression de service proche du point de bulle de l'eau ;
- éviter les interférences avec l'oxygène ;
- limiter les changements de sections et directions ;
- avoir une bonne vitesse et réaliser des chasses ;
- avoir un réseau homogène ;
- pas de fuites.

■ SOLUTIONS EMPLOYÉES SUR LE SITE DE CHÂTEL-GUYON

Traitement du tartre :

- baisse de la température de chauffe de l'EMN ;
- nettoyage des échangeurs avec un produit à base d'acide ;
- mise en place de manomètres pour surveiller l'encrassement.

Traitement du fer :

- passage tous les jours d'un technicien qui pulvérise un produit acide sur tous les équipements de soins
- rinçage des canalisations d'EMN tous les soirs avec une solution EDV+ acide+biocide.

Coût du traitement du tartre :

- nettoyage de l'échangeur 2 fois /an = 2 800 € HT/an.

Coût de traitement du fer :

- nettoyage journalier des canalisations + des postes de soins = 90 000 € /an ;
- dont 50 000 €/an de produits acides.

CONCLUSIONS

L'analyse de l'eau minérale et l'étude des phénomènes de dépôts observés sur l'exploitation des thermes HENRY nous ont permis de :

- limiter le risque bactérien en limitant les dépôts dans le réseau, (chasses régulières, limitation des changements de sections, choix de matériaux différents) ;
- diminuer le coût de traitement des dépôts dans les postes de soins ;
- diminuer les rejets polluants ;
- réaliser des économies d'énergie en limitant le réchauffage et le stockage de l'eau minérale ;
- diminuer le nombre de maintenances réseau.

Retour d'expérience sur Salins-les-Bains

F. LEBEAULT

Thermes de Salins-les-Bains

■ PRÉSENTATION

Station ouverte en février 2017

2800 m² de plain-pied

Fréquentation 2018 : Rhumatologie : _____ 2 919

Gynécologie : _____ 1

Trouble du développement chez l'enfant : 1

Équipements : 12 cabines de bain

3 cabines de boue

3 cabines de jet

6 pédiluves / manuluves

4 étuves de type Berthollaix

6 cabines de massage sous eau

Bain douche en immersion : 12 postes

+ 1 couloir de marche

Bassin de mobilisation : 12 postes

Évolution de la fréquentation de la cure : activité en matinée, ouverture de la 2^e semaine de février jusqu'à la première semaine de décembre

2016 : 2 100

2017 : 2 640

2018 : 2 920

2019 : prévision 3 250

Évolution de la fréquentation « bien-être » : activité en après-midi, ouverture de la 2^e semaine de février au 30 décembre. Fermeture annuelle au mois de janvier et les deux premières semaines de février

2016 : 35 000

2017 : 55 000

2018 : 60 000

Notre eau thermale : comparée à celle de l'Eau de la Mer Morte :

Température de l'eau : 15 °C

pH : 6,6

Conductivité : 236 000 µS/cm

Salinité : 275 g/L

TAC : 16°F

TA : <0,5°F

Résidus à sec 180°C : 259 004 mg/L

Résidus à sec à 260°C : 258 546 mg/L

Chlorures : 150 267,1 mg/L

Chlorures : 208 mg/L

Sodium : 93 199 mg(Na)/L

Sodium : 34,9 mg/L

Sulfates : 8 586,3 mg/L

Sulfates : 0,54 mg/L

Potassium : 2 217,6 mg(K)/L

Potassium : 7,56 mg/L

Magnésium : 1 285,72 mg(Mg)/L

Magnésium : 35,2 mg/L

Calcium : 852,05 mg(Ca)/L

Calcium : 14,4 mg/L

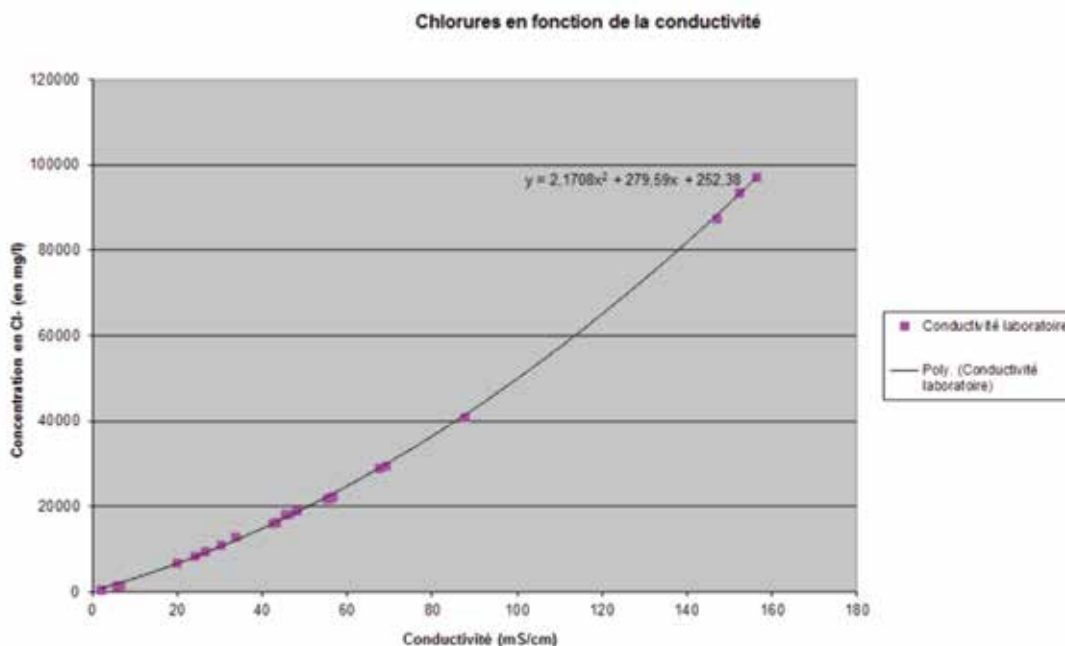
Ammonium : 0,84 mg(NH₄)/L

Brome : 81 mg(Br)/L

Brome : 5,59 mg/L

afth

■ DÉTERMINATION DE LA SALINITÉ



- équation de la courbe $y = 2,1708x^2 + 279,59x + 252,38$
- teneur en sel = $y \cdot 1/2$
- salinité : 275 g/L

■ INCIDENCE DE LA SALINITÉ SUR LES ÉQUIPEMENTS



- fuites fréquentes en raison de la corrosivité de l'eau ;
- air ambiant salé : dépôt sur les mécanismes de fenêtre, présence d'acier. Certaines pièces comme les serrures en inox 316 L doivent être graissées régulièrement ;
- jaunissement des sols et du matériel en raison de la forte salinité ;
- réaction chimique de l'eau (présence d'oxyde de fer sur certains inox) ;
Après démontage de ces inox en janvier 2017, suspicion de défaut de qualité or les vis et pas de vis étaient en parfait état ;
- étudier la possibilité de déferriser.



CONCLUSIONS :

Entretien régulier des installations :

graissage des serrures ;

nettoyage des vannes motorisées ;

nettoyage des inox lors des vidanges ;

nettoyage du bâtiment (sols), des inox et dépôts piscines ;

passage à l'acide 1 fois par semaine

entretien des portes et fenêtres au MSE

Détartrage des installations techniques thermales

Rachid AINOUCHE, PDG La Roche Posay Soins
Philippe PASQUIER, responsable technique

■ LA PROBLÉMATIQUE

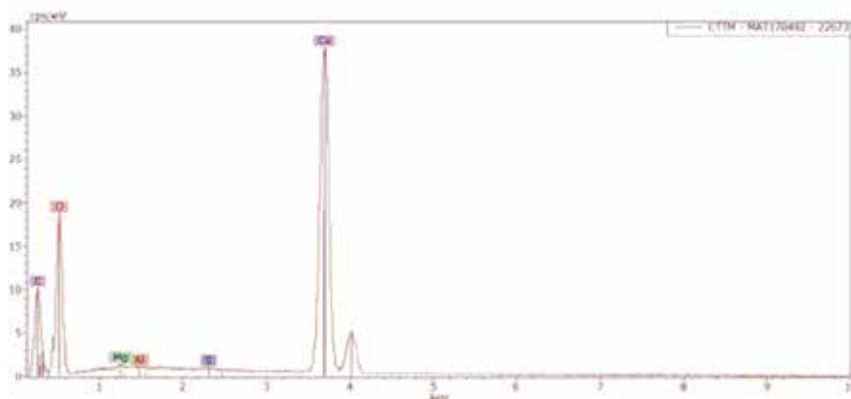
Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau thermique de La Roche-Posay entraînent un dépôt important sur les installations techniques :

- échangeurs ;
- pompes de distribution ;
- réseaux de distribution.



Le dépôt présent sur les installations est composé de :

- tartre carbonaté (CaCO_3 , MgCO_3) pour 99% ;
- divers (Al, S) pour 1%.



Le détartrage des installations entraîne différents inconvénients :

- utilisation importante d'acide (6 300 litres par an) ;
- coût d'achat de l'acide (35 000 € par an) ;
- dégradation et vieillissement prématuré des installations ;
- dangerosité du produit pour les salariés = utilisation de produit pur.



■ LES OBJECTIFS

- Optimiser les coûts de détartrage des installations ;
- limiter l'utilisation de produit pur (acide) lors des opérations de détartrage ;
- diminuer la pression des détartrages pour limiter l'usure des équipements ;
- adopter de nouvelles méthodes pour diminuer l'utilisation de produit pur par les salariés.











■ LES TEST EFFECTUÉS

Étude de nouvelles méthodes de détartrage avec le fournisseur existant.







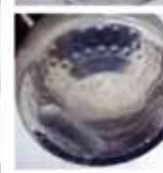

Des tests en laboratoire ont été réalisés :

- 2 mises en situation avec 2g de dépôt dans 30 ml de solution à 40°C avec le produit FERROLIN 8067

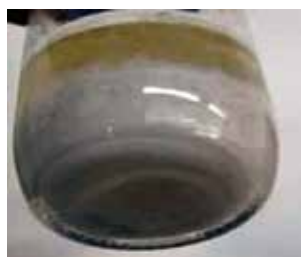
1^{er} test : solution à 30% de Ferrolin 8067

Echantillon	T0	T0 + 30mn	T0 + 1h	T0+1h30	Après plusieurs heures de repos
Dépôt + Ferrolin 8067 à 30%					
					
		Reste une grande partie du dépôt pH = 2,4	Reste un peu de dépôt pH = 2,6	Tout le dépôt est dissous pH = 2,6	Liquide légèrement trouble
	pH = 1,1				

2^e test : solution à 50% de Ferrolin 8067

Echantillon	T0	T0 + 30mn	T0 + 1h	T0+1h30	Après plusieurs heures de repos
Dépôt + FERROLIN 8067 à 50%					
					
		Reste un peu de dépôt pH = 2,2	Tout le dépôt est dissout pH = 2,2		Liquide très légèrement trouble
	pH = 1,1				

- 2 mises en situation avec 2g de dépôt dans 30 ml de solution à 40°C avec le produit FERROLIN 6216. Les tests réalisés avec le FERROLIN 6216 montrent une turbidité importante de l'échantillon.



1^{er} test : solution à 20% de Ferrolin 6216

2^e test : solution à 50 % de Ferrolin 6216

En conclusion, les test effectués ont démontré l'efficacité du produit actuellement utilisé FERROLIN 8067 :

- dissolution totale du dépôt après 1 h 30 sous agitation faible à 30% à une température de 40°C ;
- un pH maintenu à 2,2 lors d'une concentration du produit à 50% permettant la réutilisation de la solution une seconde fois.

■ LA MISE EN APPLICATION SUR SITE

Des tests ont été réalisés sur site en mars 2017 :

- pour les thermes du Connétable, la dilution à 30% du produit FERROLIN a été retenue : après 2 h 30 de circulation de la solution dans l'échangeur, le pH passe de 3 à 3,7 ;
- pour les thermes Saint Roch, la dilution à 50% du produit FERROLIN a été retenue (le temps imparti pour ce détartrage est moins important car réalisé en fonctionnement) : après 2 h 30 de circulation de la solution dans l'échangeur, le pH passe de 2,7 à 3,06

LE RETOUR D'EXPÉRIENCE :

- ces nouvelles méthodes ont été mises en application et suivies durant l'année 2017 ;
- ces nouvelles dilutions nous ont permis de diminuer notre consommation d'acide (4 200 litres sur l'année 2017 contre 6 300 en 2016) soit une économie de 11 700 €.
- les phases de détartrage de nos échangeurs avec l'acide dilué entraînent une diminution du rendement des échangeurs entre les détartrages. (détartrage tous les 15 jours en 2016 contre tous les 10 jours en 2017)
- le pH de l'acide dilué après les phases de détartrage des échangeurs tombe à 3,5.
- ce pH entraîne des coûts importants pour le traitement des déchets (1 tonne d'acide usagé représente 1 950 € de frais) :
 - Pour 6 300 litres d'acide usagé = 12 285 €
 - Pour 4 300 litres d'acide dilué à 50% usagé = 16 380 €
- ces différents éléments (coûts de traitement de l'acide usagé et dégradation du rendement des échangeurs) nous ont convaincus de reprendre l'utilisation de produit pur.
- nous utilisons également de l'acide dilué (acide pur + acide usagé) lors des désinfections des autres parties du réseau ce qui nous permet de limiter les surconsommations et les coûts de traitement.

TRAITEMENT MAGNÉTIQUE ANTI-TARTRE

Procédé New Ionic

J. FRAYSSINES, Arionic

Traitement d'eau par ARIONIC / CE QUE VOUS POUVEZ EN ATTENDRE

Effets Préventifs

Anti-tartre

Anti-bactérien

Effets Curatifs

Détartrant

Débiofilmant

Anti-corrosion

Avec l'eau thermique chaude :

- empêche l'entartrage des échangeurs tubulaires ou à plaque même à TH élevé ;
- préserve les carrelages des zones de soins.

Avec l'eau thermique froide :

- contrôle le biofilm des réseaux ;
- empêche l'entartrage des brumisateurs et jets d'affusions ;

Avec l'eau potable :

- réduit l'entretien des douches, robinets, WC ;
- remplace les adoucisseurs ;
- préserve les fontaines.

■ RETEX THERMES D'ÉVIAN

1. Situation initiale

Sur l'installation, le service maintenance effectuée :

- Tous les mois : choc thermique à 70°C pendant 30 min sur la boucle d'ECS:
 - 5 h de main d'oeuvre,
 - une quantité d'énergie conséquente (à quantifier).
- Tous les 3 mois : une désinfection aux points terminaux (désinfection mobile).
- Tous les ans : un nettoyage complet acide + soude + chlore.

2. Méthodologie

Avant et après installation du traitement d'eau :

- définition des objectifs et résultats à atteindre ;
- analyse du réseau, implantation des appareils, vérification de la faisabilité ;
- mise en place d'un protocole de validation des résultats précis, avec points de contrôle visuels, physico-chimiques et bactériologiques , périodicité, critères d'acceptabilité ;
- calendrier de suivi des résultats, tous les mois pendant au moins 3 mois ;
- Réunion de validation, analyse des résultats.

Synthèse des essais

Contrôles visuels de l'entartrage

Pré-requis

Points de contrôle	Etat constaté en exploitation normale sans dispositif ARIONIC	Etat attendu pour valider l'efficacité de l'équipement	Etat entraînant le rejet de l'équipement
Echangeur tubulaire : ouverture + prise de photos	Dépôt de tartre uniforme, d'environ 3 mm réduisant de manière significative l'espace disponible pour la circulation de l'eau thermique entraînant une diminution de la capacité de chauffage de l'échangeur. Nécessité de détartrer l'échangeur 1 fois / mois	Absence de dépôt de tartre ou dépôt très faible inférieur à 0.5 mm ne nécessitant pas la réalisation d'un détartrage de l'échangeur après une période de fonctionnement normale > 30 jours	Dépôt de tartre supérieur à 0.5 mm après une période de fonctionnement normale > 30 jours
Tés de sanitation eau chaude et eau froide au niveau des cabines douche hépatique 27, douche rénale 2, douche multijet 16 et démontage + photos	Dépôt de tartre à l'intérieur de la canalisation	Dépôt de tartre limité ne nécessitant pas la réalisation d'un traitement chimique du point d'usage après une période de fonctionnement normale > 30 jours	Dépôt de tartre équivalent à celui observé avant la mise en place de l'appareil ARIONIC après une période de fonctionnement normale > 30 jours

Résultats

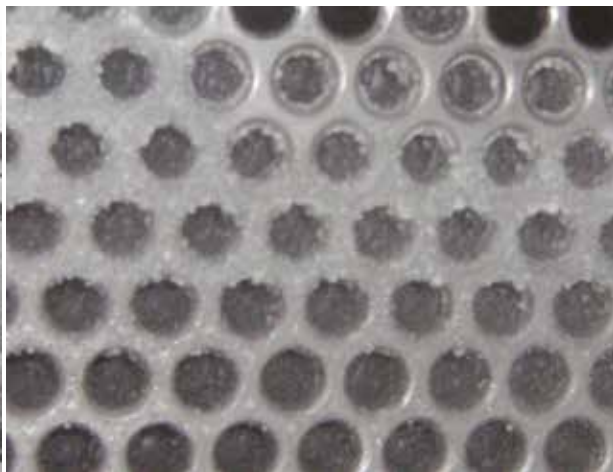
Contrôles visuels de l'entartrage :		
Points de contrôle	Etat constaté en exploitation normale avec dispositif ARIONIC	Remarques
Echangeur tubulaire : ouverture + prise de photos	Dépôt de tartre uniforme très fin (environ 1/10 ^e de mm) au bout de 3 à 4 mois d'exploitation.	Répond aux attentes EVIAN RESORT. Un ou deux détartrages annuels
Tés de sanitation eau chaude et eau froide au niveau des cabines	Dépôt de tartre limité ne nécessitant pas de traitement chimique après 3 à 4 mois d'exploitation	Répond aux attentes EVIAN RESORT.

Contrôles physicochimiques :		
Points de contrôle	Résultats obtenus	Commentaires
Appareil ARIONIC 1 :	Dans l'ensemble, pas de modification significative des paramètres physico-chimiques de l'eau minérale d'Evian après équipement ARIONIC	Répond aux attentes d'EVIAN RESORT et de l'ARS
Appareil ARIONIC 2 :		

Contrôles bactériologiques :		
Points de contrôle	Résultats obtenus	Commentaires
Appareil ARIONIC 1 :	Pas de différence significative avant/après appareil ARIONIC.	Répond aux attentes d'EVIAN RESORT et de l'ARS
Appareil ARIONIC 2 :	Les appareils ARIONIC ne sont pas une source de contamination ou une difficulté de nettoyage.	

Synthèse des essais Contrôles visuels de l'entartrage

Avant NI après 1 mois de fonctionnement



Après 1 an avec NI



On observe un fin dépôt blanc dans les zones turbulentes de l'échangeur.
Un détartrage annuel est maintenu.

Le résultat sur le terrain



Sans conditionnement

On récupère dans les tuyaux et échangeurs des dépôts durs sous forme de calcite.

Avec conditionnement

L'argonite circule dans l'eau sans déposer. En cas de fuites, on note la présence de dépôts de poudre type « talc »

RÉPONSE RÉGLEMENTAIRE

- démonstration de l'efficacité : ATEX CSTB N°1298 anti tartre et détartrant ;
- avis favorable DGS et DDASS Nord pour les eaux à destination de consommation humaine (EDCH) ;
- matériaux en contact : INOX 316L / Conforme Listes Positives ;
- accord récent ARS si démonstration de la non altération de la qualité physico-chimique de l'eau.

ANALYSE	RESULTAT	RESULTAT	UNITE	CIBLES
Physicochimie				
pH	7.50	7.49		7 < pH < 7,6
Conductivité, Cond	500.0	501.0	µS/cm	470 < Cond < 510
TAC	*29.2*	*29.1*	°F	30 < TAC < 30,5
Eléments Majeurs				
Silice, SiO2	13.6	13.8	ppm (mg/L)	
Sodium, Na+	6.5	6.4	ppm (mg/L)	
Potassium, K+	1.0	1.0	ppm (mg/L)	
Calcium, Ca+	*72.2*	*71.7*	ppm (mg/L)	78 < Ca++ < 91
Magnesium, Mg++	24.3	24.1	ppm (mg/L)	24 < Mg++ < 28
Chlorures, Cl-	7.0	7.6	ppm (mg/L)	
Bicarbonates, HCO3-	356	355	ppm (mg/L)	
Sulfates, SO4 2-	16	16	ppm (mg/L)	
Nitrates, NO3-	*3.3*	*3.3*	ppm (mg/L)	3.5 < NO3- < 4.1
Nitrites, NO2-	0.01	0.004	ppm (mg/L)	
Ammonium, NH4+	<0.02	<0.02	ppm (mg/L)	
Phosphates, PO4 3-	0.02	<0.02	ppm (mg/L)	
Fer, Fe++	<0,1	<0,1	ppm (mg/L)	
Balance ionique				
total Cations	5.91	5.87	meq/L	
total Anions	6.42	6.42	meq/L	
Balance Ionique	-8.63	-9.37	%	

UNE VÉRITABLE RÉPONSE AUX IMPÉRATIFS ACTUELS

- **Réduction du risque sanitaire :**
 - abaissement général de la biomasse dans les réseaux (disparition du tartre, appauvrissement du biofilm, abatement anti-bactérien,...)
 - traitement possible de l'eau froide, non gérée par les traitements conventionnels.
- **Réduction des effluents :**
 - pas de rejet de saumure ;
 - pas d'effluents chlorés ;
 - pas de rejets d'acide.
- **Réduction des coûts :**
 - préservation des carrelages des salles de soins ;
 - réduction des chocs thermiques ou biocides au strict minimum ;
 - entretien réduit ;
 - remplace les adoucisseurs (pas de maintenance, 10% d'économies d'eau et de sel).

LES POINTS DE VIGILANCE POUR UNE BONNE EFFICACITÉ

- **Respecter une bonne hydraulique du réseau**
- **S'assurer que l'eau chaude circule en continu dans la boucle**
- **Analyser la composition de l'eau thermale :** une eau thermale trop agressive nécessite des appareils de traitement en titane.
- **Disposer d'un synoptique des installations**
- **Construire ensemble un protocole de suivi des résultats**

Le respect de ces points donne d'excellents résultats dans la durée avec une tranquillité et une économie de temps et de moyens mesurables.

RECOURS AUX ONDES ÉLECTRO MAGNÉTIQUES

MISE EN OEUVRE D'UN DISPOSITIF ÉLECTROMAGNÉTIQUE SUR LE FORAGE BLONDEL À ROCHEFORT POUR LUTTER CONTRE LES DÉPÔTS

C. BARANGER, Antéa Group
C. PAULIN, PCH Conseil

Bilan à l'issue d'une période d'expérimentation de six mois et d'une période d'exploitation de deux années

■ FORAGE BLONDEL ET LE FACIES DE L'EAU MINÉRALE

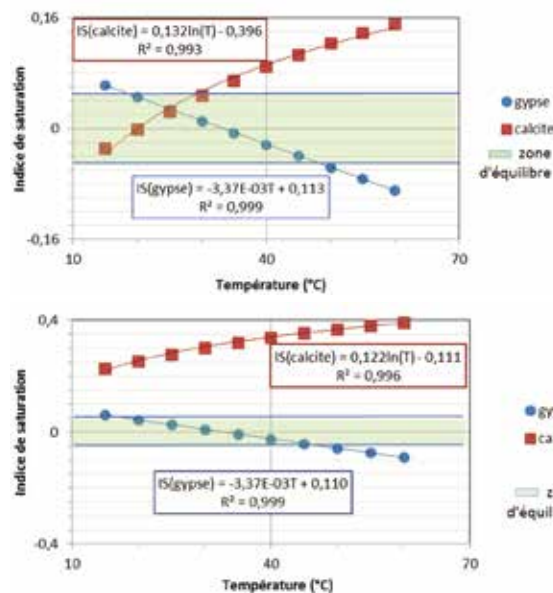
Les **thermes de Rochefort** sont alimentés en eau minérale par 2 forages profonds (> 850 m) qui captent le gisement d'eau thermique.

- le **forage F2** appelé **Blondel** réalisé en 1989 qui descend jusqu'au socle cristallin (débit autorisation 15 m³/h) ;
- le **forage** dévié F3 appelé **Empereur II** réalisé en 2000 qui descend jusqu'au Lias (débit autorisation 50 m³/h).

L'eau des forages est fortement minéralisée (6860 µS/cm) et présente le même faciès physico-chimique : sulfatée (3500 mg/l), sodique (1150 mg/l) mais aussi chlorurée (500 mg/l), calcique (550 mg/l).

De nombreux dépôts de gypse, de calcite et d'oxyde ferrique sont présents dans la colonne d'exhaure et de transport du forage Blondel.

■ LES RAISONS DE LA PRÉCIPITATION DU GYPSE



L'étude hydrochimique montre que la thermodépendance de l'indice de saturation (IS) du gypse et de la calcite est différente pour les forages Blondel (haut) et Empereur (bas). Cette différence s'explique par le design propre aux ouvrages.

La précipitation de gypse s'expliquerait par la précipitation de la calcite qui servirait de germe.

■ PRÉSENTATION DU DISPOSITIF MIS EN PLACE

- Génération d'un champ électromagnétique :
 - émission d'un signal alternatif à haute fréquence par un dispositif non intrusif connecté par un collier inox sur la conduite d'exhaure en inox 316L du forage
- Le signal électrique se propage tout au long du pipe et dans le liquide conducteur.
- Le dispositif agit par induction d'une nucléation homogène en apportant une petite quantité d'énergie aux précurseurs de cristallisation de sorte que les cristaux se forment en suspension :
 - les sels cristallisent dans la solution et se trouvent entraînés par l'eau et ne fixent plus ;
 - dispositif préventif mais non curatif.

Point d'injection



Génération d'un champ électromagnétique

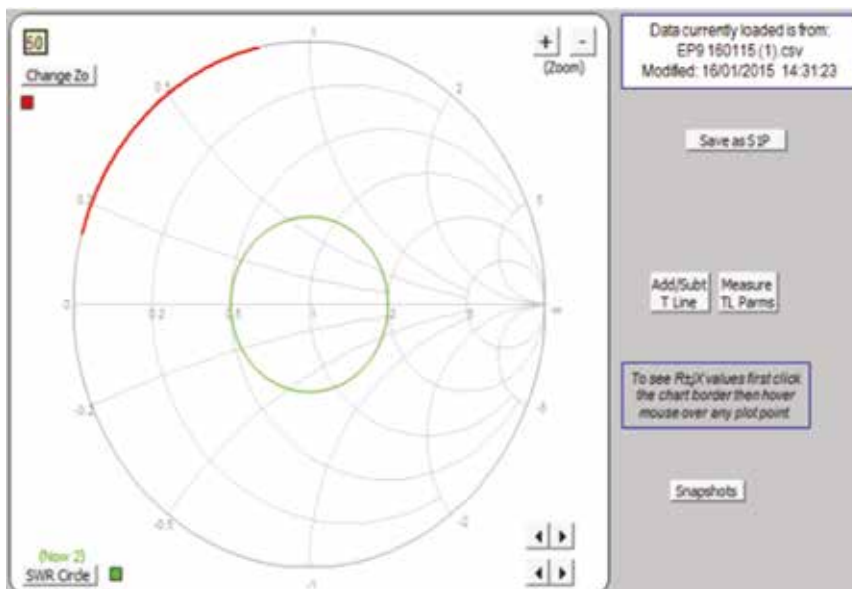
Émission d'un signal alternatif à haute fréquence par un dispositif non intrusif connecté par un collier inox sur la conduite d'exhaure en inox 316 L du forage

Antenne satellite



■ CONDITIONS PRÉALABLES À LA MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF

1. Contrôle de la propagation du signal électrique : **impératif**
2. Absence de joints diélectriques : **pas de rupture du courant**
3. Absence de dépôts : **tubings neufs ou nettoyés**



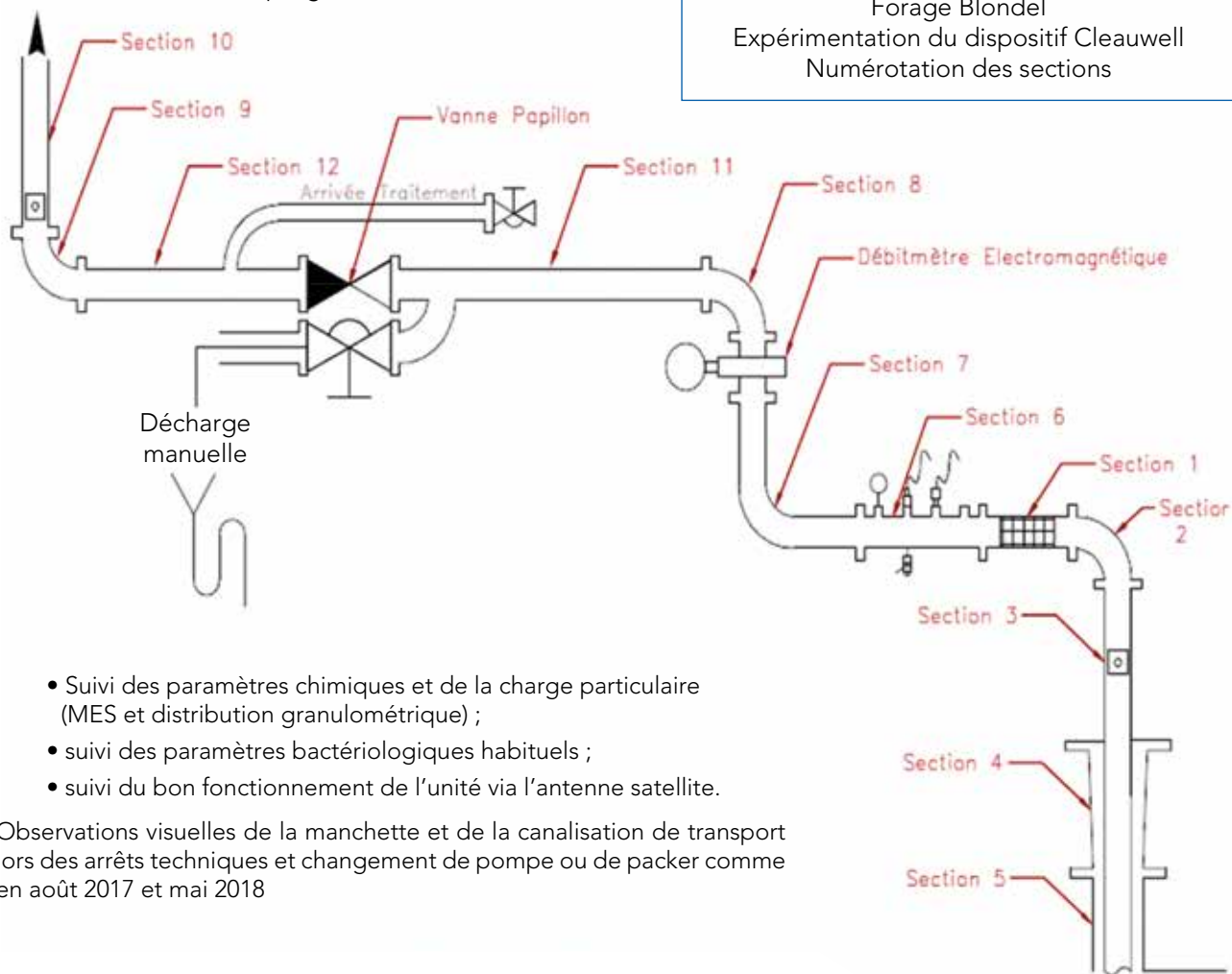
Le dispositif est préventif et non curatif.

Le scrapping du forage a été réalisé préalablement pour éliminer les dépôts existants.

■ PROTOCOLE DE SUIVI DE L'EXPÉRIMENTATION ET DE L'EXPLOITATION

Vers V1 bis - Local technique général

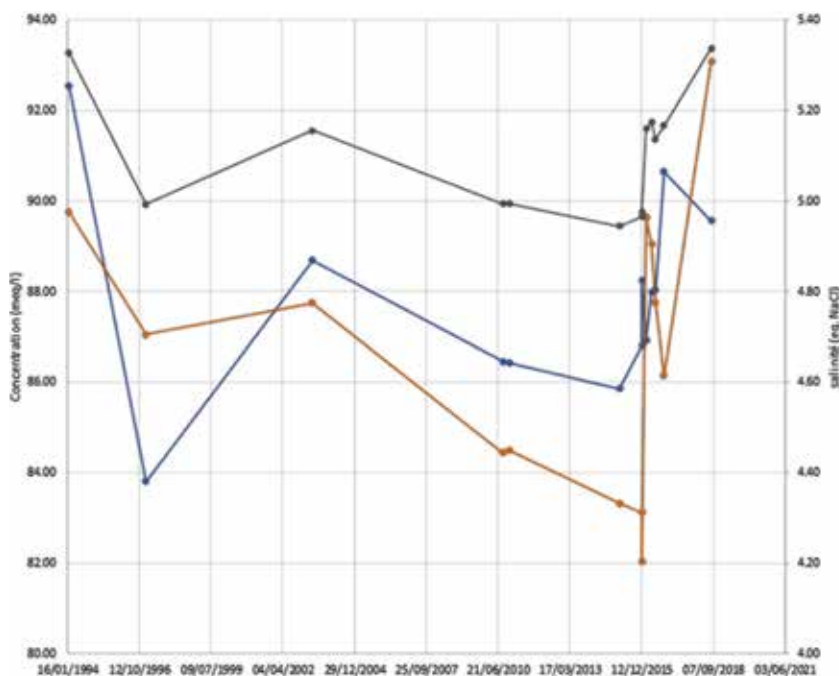
Forage Blondel
Expérimentation du dispositif Cleauwell
Numérotation des sections



- Suivi des paramètres chimiques et de la charge particulaire (MES et distribution granulométrique) ;
- suivi des paramètres bactériologiques habituels ;
- suivi du bon fonctionnement de l'unité via l'antenne satellite.

Observations visuelles de la manchette et de la canalisation de transport lors des arrêts techniques et changement de pompe ou de packer comme en août 2017 et mai 2018

■ RÉSULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES



Aucune évolution de la minéralisation de l'eau du forage Blondel n'est à signaler depuis la mise en place du dispositif électromagnétique en décembre 2015

RÉSULTATS DES ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

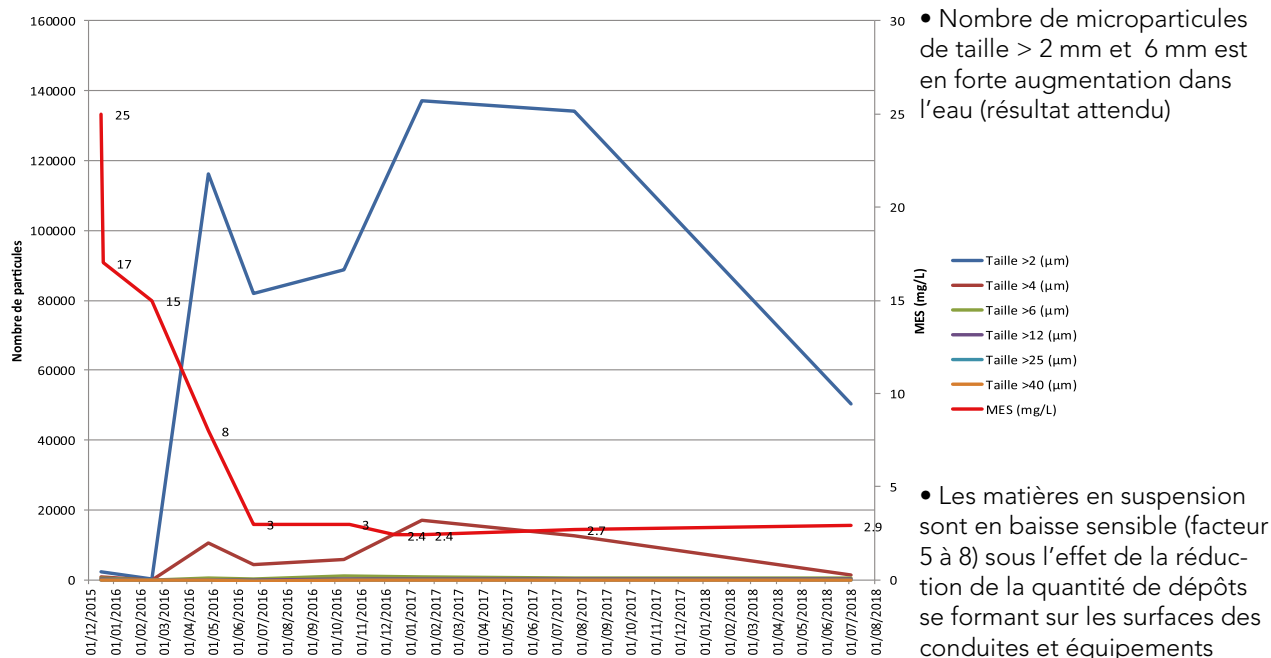
01/09/2017	A		0	0		0	0	0	0
04/09/2017	A		0	0		0	0	0	8
11/09/2017	A		1	0		0	0	0	30
25/09/2017	R		<1	<1	<1	<1	<1	<1	2
12/06/2018	R		29	<1	<1	<1	<1	<1	4
02/07/2018	A		1	0		0	0	0	0
Date	R (réglementaire) A (Autocontrôle)	Micro-organismes revivifiables à 22°C (UFC/mL)	Micro-organismes revivifiables à 36°C (UFC/mL)	Coliformes totaux UFC/250 mL	Coliformes thermotolérants UFC/250 mL	Escherichia coli UFC/250 mL	Entérocoques intestinaux UFC/250 mL	Spores de micro-organismes ASR UFC/250 mL	Pseudomonas aeruginosa UFC/250 mL
16/07/2018	A		0	0		0	0	0	0
23/07/2018	A		22	0		0	0	0	0
06/08/2018	A		0	0		0	0	0	0
13/08/2018	R	<1	17	<1	<1	<1	<1	<1	<1
27/08/2018	A		8	0		0	0	0	0
06/09/2018	A		3	0		0	0	0	0
04/10/2018	A		8	0		0	0	0	0
08/10/2018	R		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau prélevés en tête du forage F2 Blondé

Les résultats d'analyses microbiologiques montrent une amélioration de la qualité bactérienne à compter du mois de juin 2016 à septembre 2017 (pb de packer).

Après le changement de packer en mai 2018, la qualité est de nouveau conforme à la réglementation et valorisable en bains collectifs comme par le passé.

RÉSULTATS DES ANALYSES PARTICULAIRES



CONTRÔLES VISUELS DE LA CONDUITE DE SURFACE EN JUIN 2014 (16 mois d'exploitation SANS le dispositif)



Coude d'exhaure



section 6
cf diagramme p.45

Nombreux cristaux de taille importante obstruant la conduite de transport

■ CONTRÔLES VISUELS DE LA CONDUITE DE SURFACE LE 21 JUIN 2014 (12 mois d'exploitation AVEC le dispositif)



Vue de la surface interne de la section 1



Au premier plan, vue de la surface interne de la section 1 (manchette d'observation en verre) et en arrière plan, vue sur la section 6

Présence de fins cristaux éparssés dans la partie en verre (section 1) de la manchette

■ OBSERVATIONS FAITES LE 28 AOÛT 2017

Opération de remontée des équipements du forage F2 pour changement de pompe (14 mois de service)



Absence de cristaux sur la pompe et sa zone d'aspiration.

Présence de cristaux sur la base de la manchette

CONCLUSIONS

• Les observations et enseignements tirés sur la qualité de l'eau du forage de Blondel : Composition physico-chimique de l'eau stable

Diminution des MES sous l'effet de la réduction de la quantité de dépôts se formant sur les surfaces des conduites et équipements

Eau minérale conforme à la réglementation au sens bactériologique, ce qui a permis son utilisation à compter de mars 2017 pour les soins après plusieurs années de mise en décharge

Avis favorable donné par l'ARS pour l'usage du dispositif

• Les observations et enseignements tirés sur l'évolution des dépôts dans et sur les canalisations d'exhaure et de transport

Présence de cristaux dans la conduite de transport en surface mais en quantité plus limitée et de taille plus faible qu'auparavant : nécessité d'un nettoyage annuel simple

Présence de microcristaux à l'intérieur de la colonne d'exhaure

présents en très faible quantité de juin 2016 à août 2017 (14 mois de fonctionnement) mais pas après août 2017. Qualité du nettoyage préalable du tubage peut être mise en cause ?

Absence de dépôt à l'extérieur de la colonne d'exhaure alors que le développement de cristaux était observé par le passé pour une durée d'immersion de 18 mois. Ces cristaux rendaient laborieux, coûteux (tous les 18 mois) les mouvements de pompe. Délai de mouvement de pompe repoussé à 3 ans.

• Enseignements tirés sur les conditions de mise en œuvre du dispositif sur le forage de Blondel :

Design de la conduite de transport : éviter les coudes, les joints, vannes... pour faciliter la propagation du signal électrique. La canalisation de transport en surface de Blondel n'est pas idéale et demanderait la mise en place d'antennes supplémentaires.

Etat des conduites : Le dispositif doit être appliqué sur des conduites propres (neuves ou parfaitement nettoyées). Ce n'est pas totalement vrai sur Blondel avec des dépôts indurés dans le casing du forage. Les concrétions servent alors de catalyseur.

Impact du dispositif : Corrosion suspecte des raccords et presse-étoupes de la platine à la base du packer dont l'origine n'est pas déterminée mais, à dire d'expert, indépendant du dispositif électromagnétique.

VITALAIX®

Réorganisation des couloirs de marche

Bernard RIAC, Vitalaix

PRIX AFTH
2018

Une réponse faite aux attentes du corps médical en améliorant les installations d'origine construites en 2000 : le réaménagement de trois couloirs de marche par rehaussement de l'ensemble et ajout d'une rampe de pulvérisation d'eau thermique à 23°C.

BUT

- Associer la déambulation dans un bain à pression hydrostatique contrôlée avec un arrosage des membres inférieurs permettant ainsi leur refroidissement.
- Immersion en alternance des membres inférieurs (70 cm) puis limitativement des chevilles (17 cm) sur la longueur des rampes de pulvérisation.
- Reprise de la ventilation jusqu'alors inconfortable.

AMÉLIORATION APPORTÉE

- Rehaussement du couloir de marche actuel de 54 cm à 70 cm
- Ajout de deux rampes de pulvérisation en eau thermique froide à 23°C (hauteurs des jets 40 cm / 50 cm / 60 cm).
- Assurer le « bouclage » du bassin par la mise en oeuvre d'une zone à hauteur d'eau 17 cm tout au long des rampes de pulvérisation.
- Réfection et ajout d'un revêtement de type galets plats de petite et moyenne dimensions en fond de bassin.
- Reprise du revêtement des plages et ajout d'un carrelage antidérapant.
- Réfection complète du système de ventilation et traitement d'air.
- Déplacement et agrandissement du pédiluve.
- Ajout de mains-courantes afin de faciliter l'accès et la déambulation des personnes à mobilité réduite.
- Optimisation du système de désinfection.



Avant travaux



Après travaux



- 1) Bassin de marche $h=70\text{cm}$
- 2) Couloir rectiligne $L=4,5\text{m}$, $l=0,70\text{m}$
- 3,4) Escaliers de 3 marches
- 5) Pédiluve

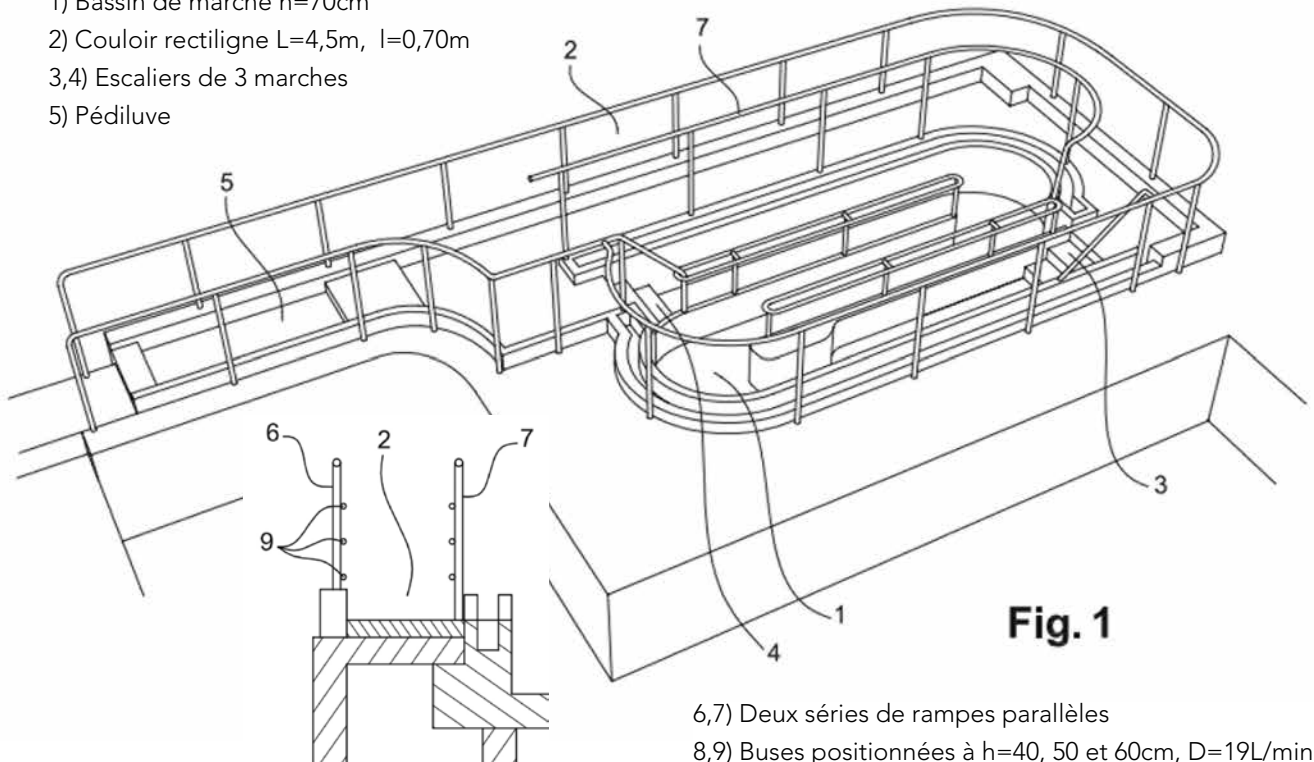
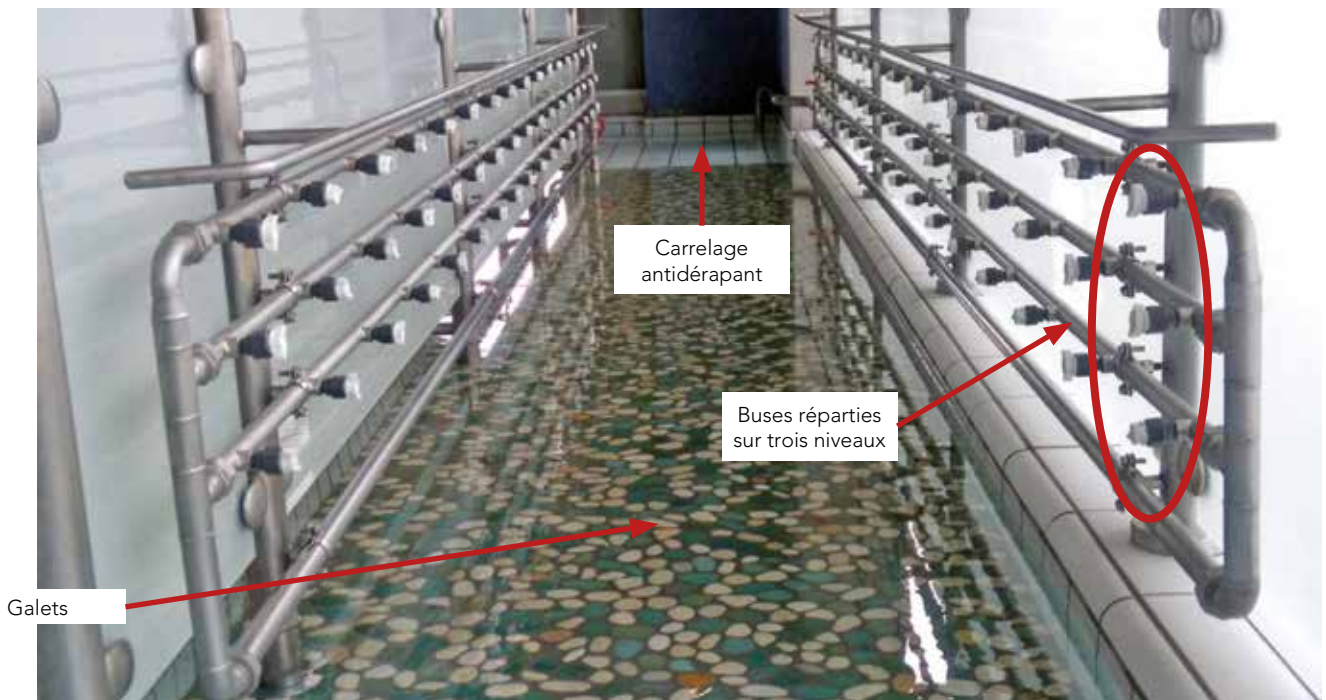


Fig. 1

6,7) Deux séries de rampes parallèles
8,9) Buses positionnées à $h=40, 50$ et 60cm , $D=19\text{L/mine}$

CARACTÉRISTIQUES DU COULOIR DE RAMPES DE PULVÉRISATION

- 54 buses réparties sur 3 niveaux (40, 50 et 60 cm du sol).
- Longueur X largeur : 4,50 m X 70 cm.
- Débit : 19 L/min, pression réglable.
- Revêtement du sol : galets de diamètre inférieur à 5 cm, carrelage antidérapant



CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN

- Longueur X largeur X profondeur : 15 m X 90 cm X 70 cm.
- Volume d'eau : 10 m³.
- 12 jets : 6 verticaux et 6 horizontaux, pression : entre 3 et 4 bars.
- Revêtement de sol : galets d'un diamètre inférieur à 10 cm, billes de verre dans les virages et carrelage antidérapant.



- Mise en service des parcours de marche : février 2016
- Brevet déposé le 29 janvier 2016 à l'initiative de M. Bernard RIAC
 - Dépôt de la marque VITALAIX le 01 avril 2016



Pour nous écrire

Bulletin de l'Association Française
des Techniques Hydrothermales (AFTh)

AFTh

1 rue Cels - 75014 PARIS

Tél : 01 53 91 05 75

www.afth.asso.fr

contact@afth.asso.fr

Directeur de publication : Rachid Ainouche

*L'ensemble des exposés de ce bulletin
est téléchargeable sur www.afth.asso.fr*

Adhésion AFTh

Nom :

Prénom :

Société :

Fonction :

Rue :

Code postal :

Ville :

e-mail :

Adhésion 2019

cotisation : 100 euros

A compléter et renvoyer
accompagné de votre règlement à:

Pierre Mailler - Trésorier AFTh

Les Thermes d'Orsi

BP14 - 73573 BRIDES LES BAINS

**FICHE DE CANDIDATURE
AU PRIX DE L'INITIATIVE AfTh**

Adresse d'envoi : 1 rue Cels - 75014 PARIS

ou sur contact@afth.asso.fr

Titre de la réalisation.....

.....

Nom de l'initiateur.....

e-mail.....

But.....

.....

Amélioration apportée.....

.....

Budget.....

Commentaires.....

.....

Pièces jointes :.....

Photos, descriptifs, schémas...

Prix de l'Initiative AfTh

Ce prix est destiné à récompenser toute réalisation technique réalisée ou projet de nature à améliorer la qualité, l'ergonomie, l'économie et l'efficacité d'un établissement thermal.

Le jury est composé des membres du bureau de l'AfTh (prix doté de 1 500 €)

Nota : la participation au prix de l'Initiative Afth emporte l'autorisation donnée à l'association de communiquer au public le détail de la réalisation proposée.



**Association française des
techniques hydrothermales**

1 rue Cels - 75014 PARIS

Tél. 01 53 91 05 75

www.afth.asso.fr

contact@afth.asso.fr