

L'eau et ses problématiques

Dr Philippe TOUNISSOU
COROXYL



SOMMAIRE

- L'eau et ses propriétés
- L'eau et les circuits fermés:
 - le calcaire: définition et mode de traitements
 - La corrosion et embouage des installations:
 - Les différents types de corrosion
 - Les traitements contre la corrosion
- Les Condensats: réglementation
- Monopropylène glycols et panneaux solaires thermiques: contrôle et rejets des glycols



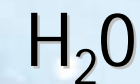
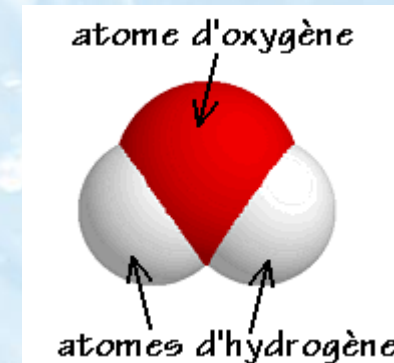


L'eau : Principal fluide caloporteur utilisé

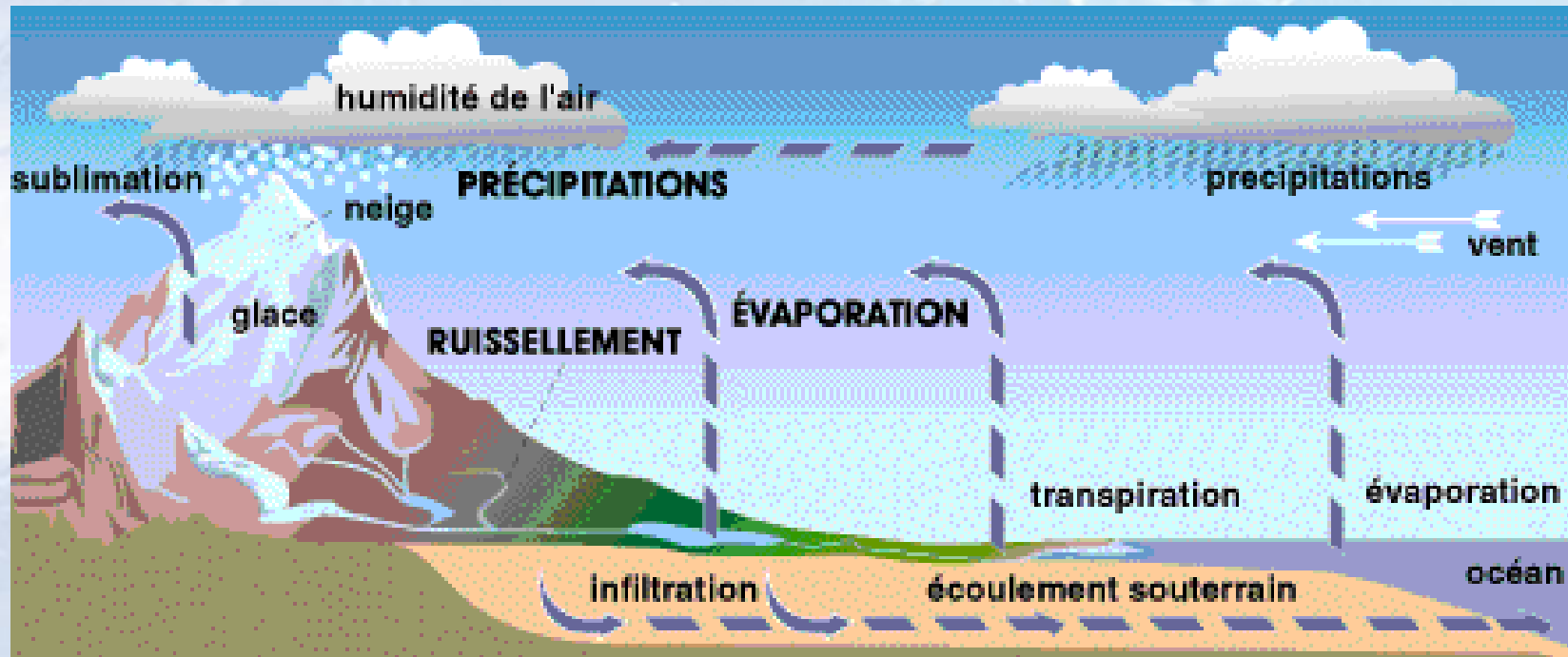


Qu'est ce que l'eau ?

- 71 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau
- L'eau est un fluide thermodynamique d'usage courant, efficace et économique
- L'eau est un composé amphotère, c'est-à-dire qu'elle peut être une base ou un acide
- L'eau un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre — l'eau est quelquefois désignée sous le nom de « solvant universel »

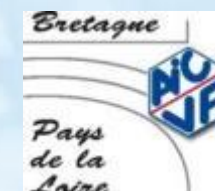


Le cycle de l'eau



Principaux constituants de l'eau

Gaz Dissous	Matières minérales (Ions)	Nutriments	Eléments à l'état de trace	Matière Organique
Oxygène (O ₂)	Calcium (Ca ²⁺)	Azote (N ₂) (contenu dans l'ammoniaque (NH ₃))	Arsenic	Carbohydrates
Gaz Carbonique (CO ₂)	Magnésium (Mg ²⁺)	Phosphore (P) (contenu dans les phosphates (H ₃ PO ₄))	Cuivre	Acide humique
Azote (NO ₂)	Sodium (Na ⁺)	Silice (Si)	Fer	Pigments
Méthane (CH ₄)	Potassium (K ⁺)	Fer (Fe)	Zinc	Solvants Chlorés
	Carbonates (CaCO ₃ ²⁻)	Manganèse (Mn)	Cobalt	Pesticides
	Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)		Plomb	Hydrocarbures
	Sulfates (SO ₄ ²⁻)			
	Chlorures (Cl ⁻)			
	Nitrate (NO ₃ ⁻)			



L'eau potable : paramètres

Paramètres	Union Européenne	Etats-Unis
<u>Paramètres physico-chimiques</u>		
pH	de 6.5 à 9	de 6.5 à 8.5
Chlorures (Cl ⁻) en mgr/L	max 200	max 250
Sulfates (SO ₄ ²⁻) en mgr	max 250	max 250
Magnésium (Mg ²⁺) en mgr/L	max 50	-
Sodium (Na ⁺) en mgr/L	max 150	-
Potassium (K ⁺) en mgr/L	max 12	-
Aluminium (Al ³⁺) en mgr/L	max 0.2	max 0.2
<u>Substances indésirables</u>		
Argent (Ag ⁺) en µgr/L	max 10	max 100
Cuivre soluble (Cu) en mgr/L	max 1	max 1.3
Fer soluble (Fe) en mgr/L	max 0.2	max 0.3
Fluorures (F ⁻) en mgr/L	max 1.5	max 4
Manganèse (Mn) en mgr/L	max 0.05	max 0.05
Nitrates (NO ₃ ⁻) en mgr/L	max 50	max 45
Nitrites (NO ₂ ⁻) en mgr/L	max 0.1	max 3
Oxydabilité (O ₂ au KMnO ₄) en mgr/L	max 5	-
Zinc (Zn ²⁺) en mgr/L	max 5	max 5
Ammonium (NH ₄ ⁺) en mgr/L	max 0.5	-
<u>Substances toxiques</u>		
Chrome soluble (Cr) en µgr/L	max 50	max 100
Cyanures (Cn ⁻) en mgr/L	max 0.05	max 0.2
Plomb (Pb) en µgr/L	max 50	max 15
Arsenic (As) en µgr/L	max 50	max 50
Nickel (Ni) en µgr/L	max 50	-
Mercure (Hg) en µgr/L	max 1	max 2
Cadmium (Cd ²⁺) en µgr/L	max 5	max 5
Phosphore (P) en mgr/L	max 5	-

pH de 6.5 à 9

Chlorures max 200mg/l

Sulfates max 250 mg/l

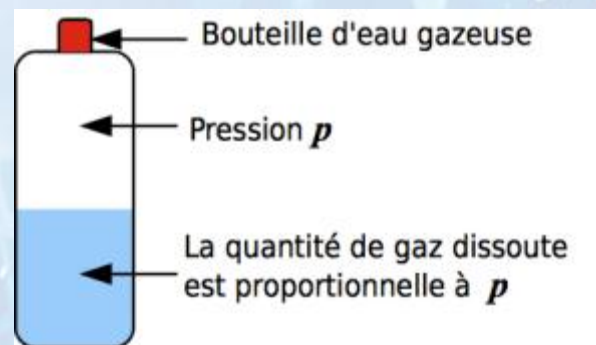
Cuivre soluble 1mg/l max

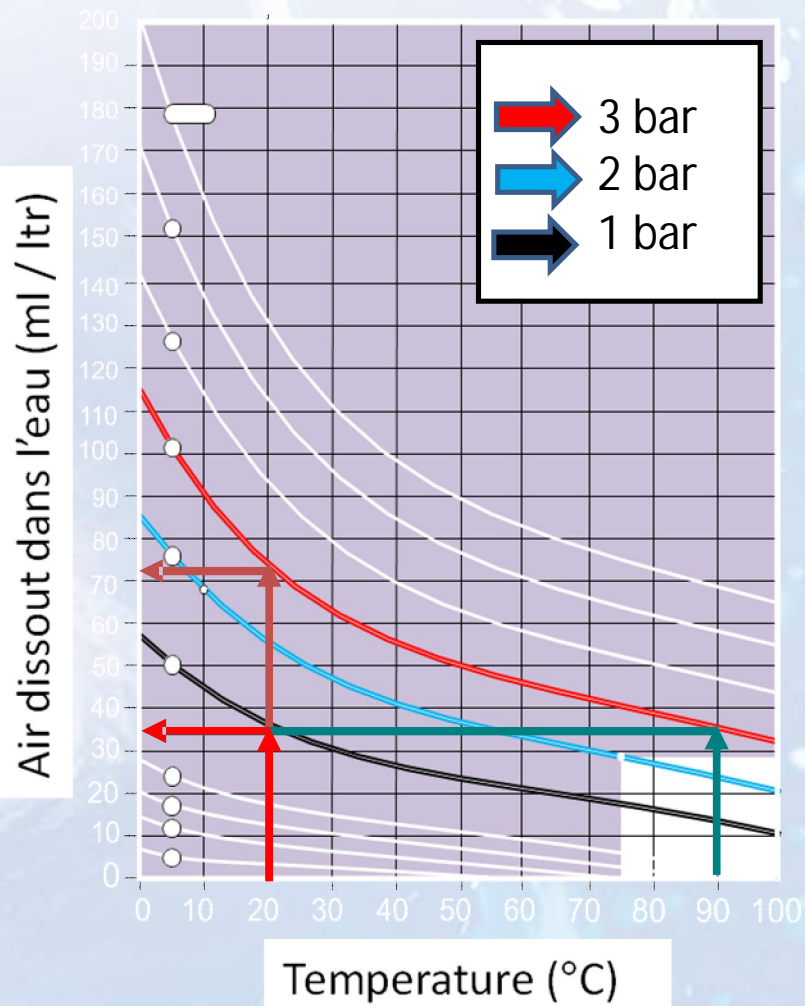
Fer soluble max 0.2 mg/l



Oxygène dissout: Loi d'HENRY

- Loi de Henry explique que la quantité de gaz dissout dans l'eau augmente avec la pression , et donc que le gaz est libéré si la pression dans l'eau diminue





Pression (bar)	Temperature (°C)	Concentration de l'air (ml / ltr)
3	20	73
3	90	35
1	20	35



L'eau et les installations de chauffage



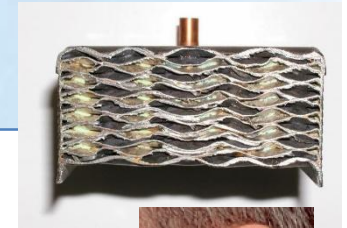
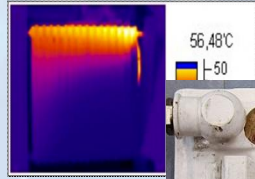
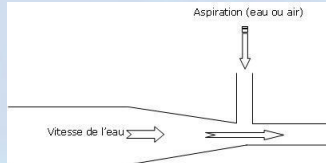
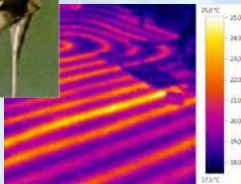
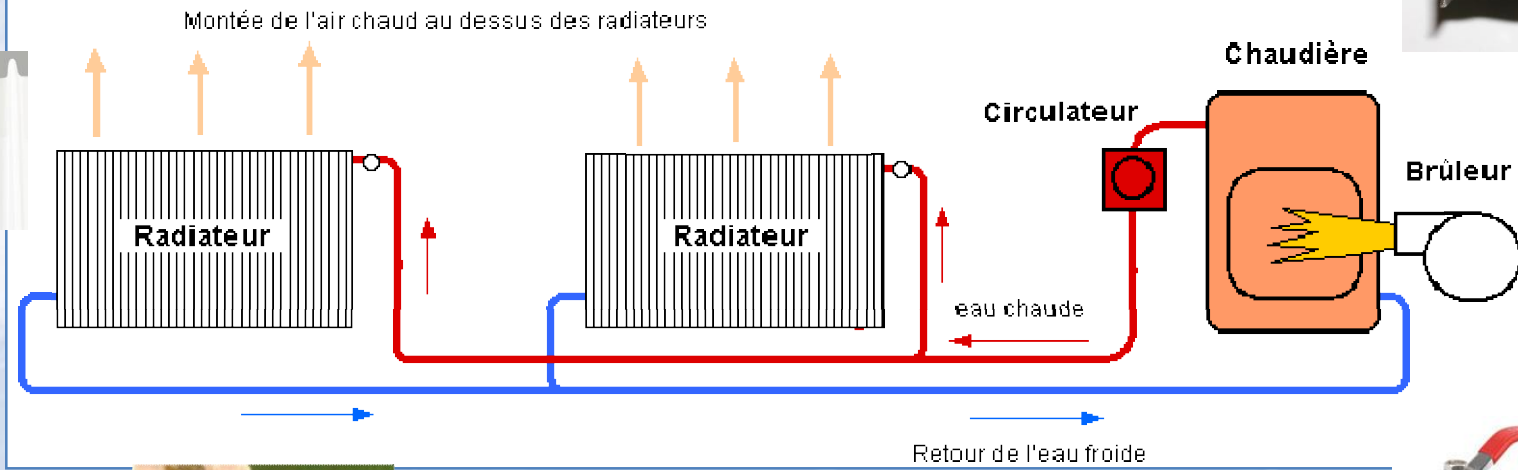
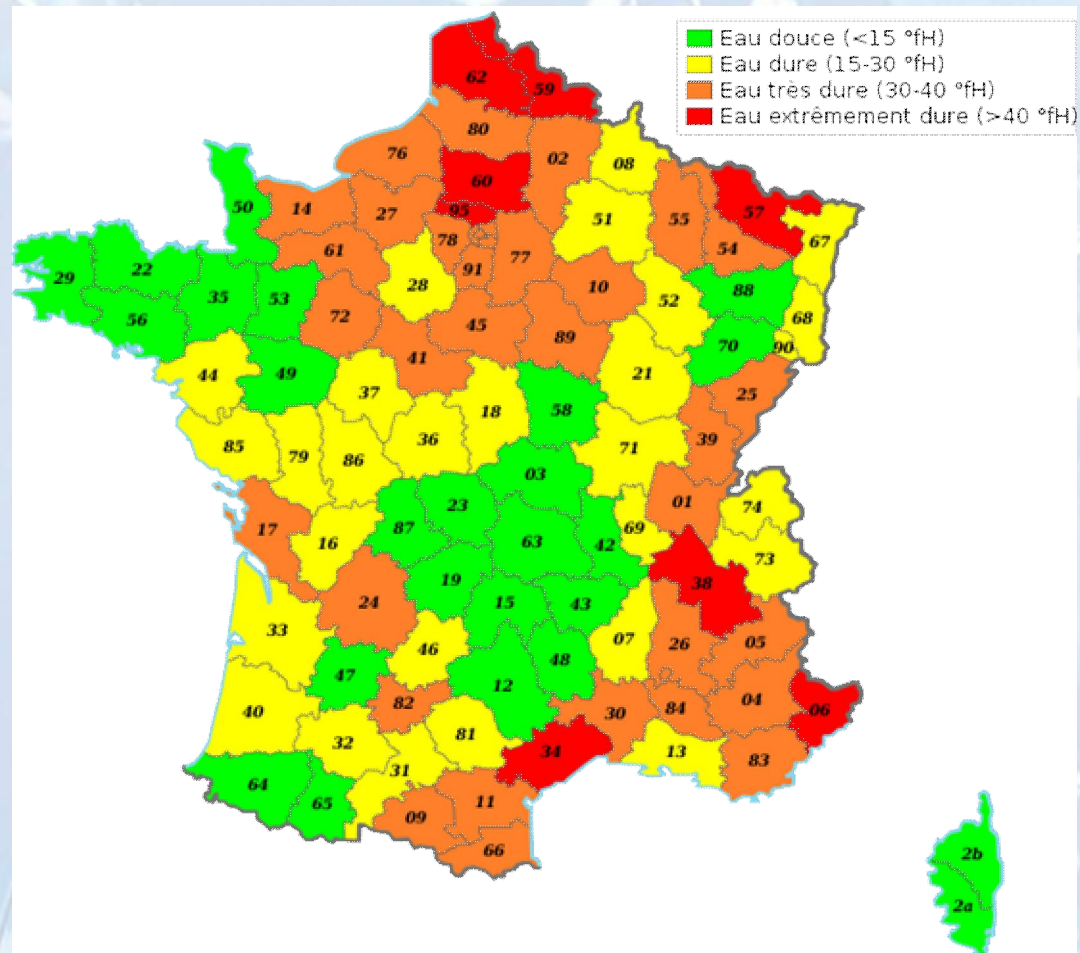


Schéma simplifié d'un circuit de chauffage



Le calcaire



Titre Hydrotimétrique

Le titre hydrotimétrique (T.H), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en degré français (symbole : 1°F)

TH (°F)	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
Eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure



1°F

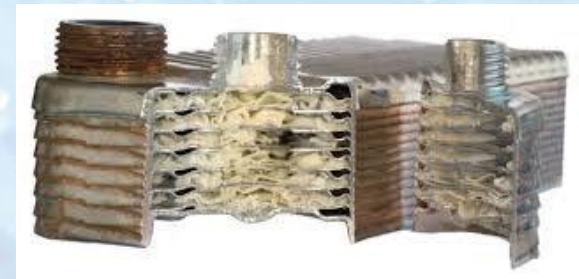
= 4 mg de Ca⁺⁺/l
= 2,4 mg de Mg⁺⁺/l
= 10 mg de CaCO₃/l



Dépôt de calcaire



Le calcium se combine aux carbonates pour former la Carbonate de Calcium, LE CALCAIRE. Plus la température augmente plus le calcaire précipite, au dessus de 55°C, la totalité du calcaire se dépose.



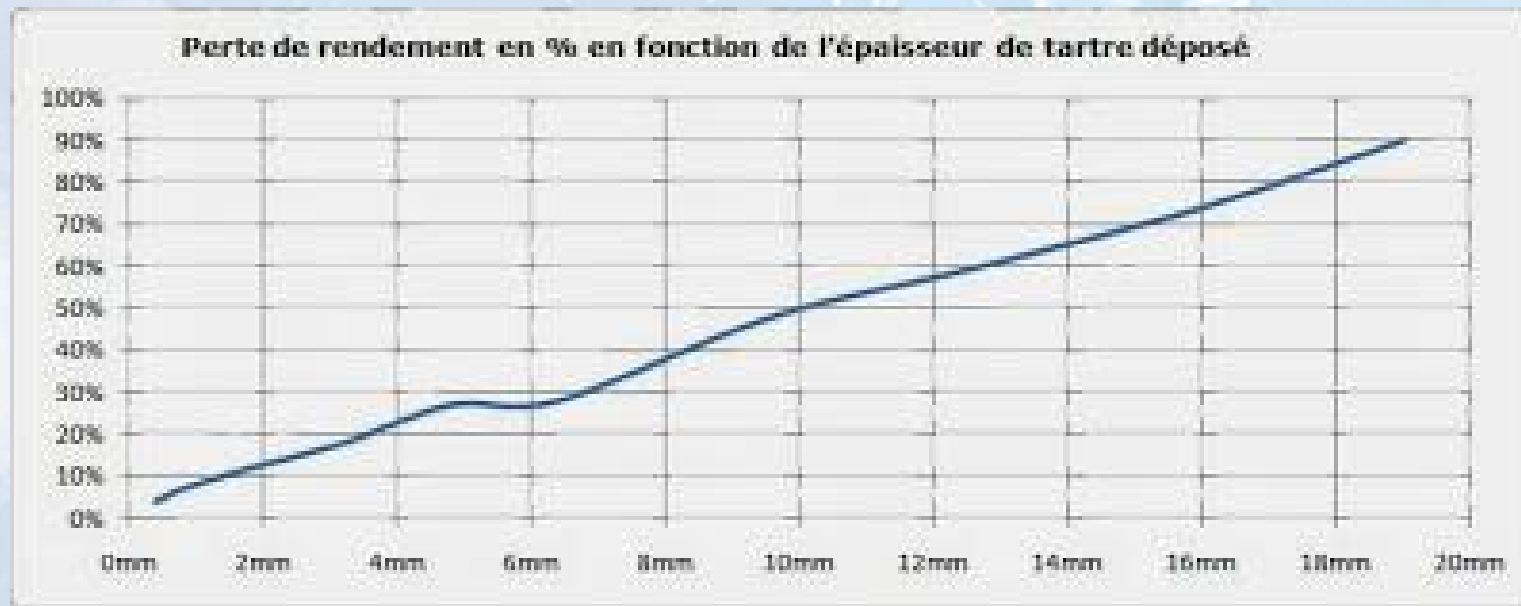
CONSEQUENCES SUR INSTALLATION DE CHAUFFAGE:

- Dépôt de calcaire au point le plus chaud: Corps de chauffe, échangeur
- Surconsommation, baisse de rendement de la chaudière
- Contraintes thermiques pouvant entraîner la casse d'éléments
- Echangeurs colmatés
- Bruit de bouillonnement ou claquement de chaudière
- Possibilité de corrosion sous dépôt.



de la
Loire

LE CALCAIRE: un très bon isolant



Les différents traitements contre le calcaire



Filtres polyphosphates et/ou silicophosphates



Les billes de polyphosphate maintiennent le calcaire en suspension dans l'eau, ainsi il ne se dépose pas sur les parois. Il est donc toujours présent dans l'eau mais ne se colle pas sur les canalisations.

Les systèmes magnétiques

- L'un de leurs points communs est de générer d'une manière ou d'une autre (aimant, électrodes...) un champ magnétique, en général autour du tuyau, dont les conséquences ont pour effet de transformer de manière temporaire la calcite présente dans l'eau (calcaire incrustant) en aragonite ou en Valérite (calcaire "mou"). Ces trois noms représentent juste des formes cristallines différentes du même calcaire, ou Carbonate de calcium, ou Ca CO_3 .
- Ils présentent donc l'immense avantage d'être antitartres sans modifier la nature chimique de l'eau, contrairement à un adoucisseur.
- Plage efficacité magnétique: 14 à 35° F
- Plage efficacité électromagnétique: jusqu'à 50°F

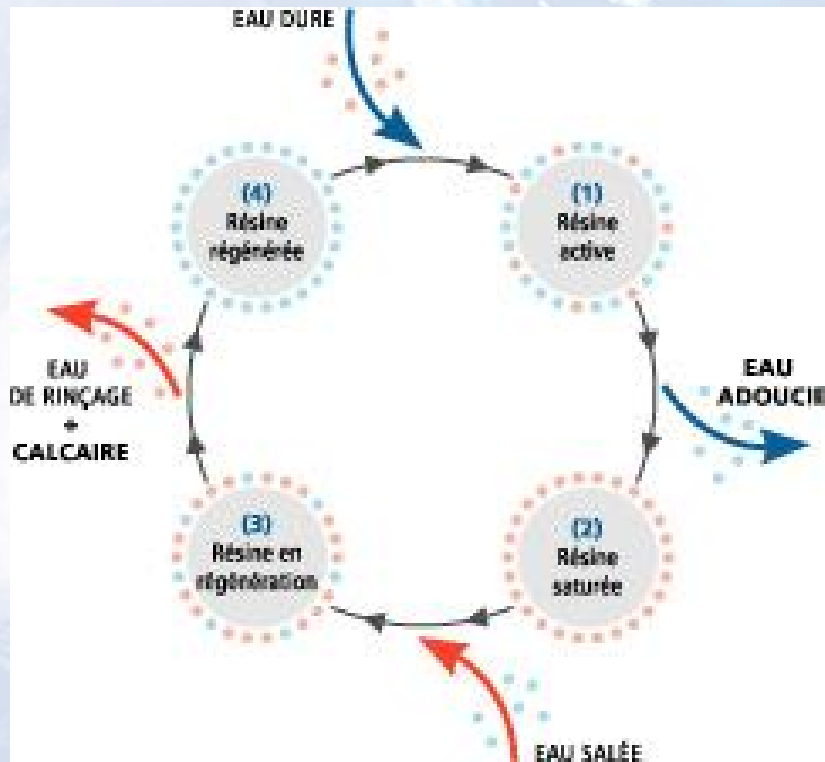


Les systèmes électrolytiques (ou traitement galvanique)

- Ce procédé repose sur le passage de l'eau dans un appareil doté d'une anode de zinc qui va permettre l'agglomération des éléments responsables de la dureté de l'eau et empêcher leur dépôt dans les canalisations ou les résistances. Cette solution écologique ne requiert ni sel, ni produits chimiques, ni aimant ou champ magnétique, ni électricité pour fonctionner.
- Plage efficacité: jusqu'à 30°F



Les adoucisseurs



Veillez à l'entretien annuel de l'adoucisseur, et le bon réglage du TH (idéalement entre 10 et 12°F)

- L'adoucisseur d'eau utilise une résine qui échange des ions et qui permet de réduire la présence de calcaire dans l'eau. Cet appareil consiste à échanger les ions calcium et le magnésium qui participent à la dureté de l'eau par des ions sodium lié à la résine de l'adoucisseur
- La régénération s'effectue avec de la résine avec une saumure (solution de NaCl). Les ions Na^+ se fixent sur la résine alors que les ions Cl^- vont entraîner les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} fixés sur la résine vers les égouts. Ainsi, les ions calciums sont évacués sous forme de chlorures et les ions sodiums retrouvent leur place sur les résines

LA CORROSION

- La corrosion désigne l'altération d'un matériau par réaction chimique avec un oxydant (le dioxygène et le cation H^+ en majorité)
- La corrosion est un problème industriel important: Chaque seconde, ce sont quelque 5 tonnes d'acier qui sont ainsi transformées en oxydes de fer...
- Les exemples les plus connus sont les altérations chimiques des métaux à l'air ou dans l'eau, telles la rouille du fer et de l'acier ou la formation de vert-de-gris sur le cuivre et ses alliages (bronze, laiton)



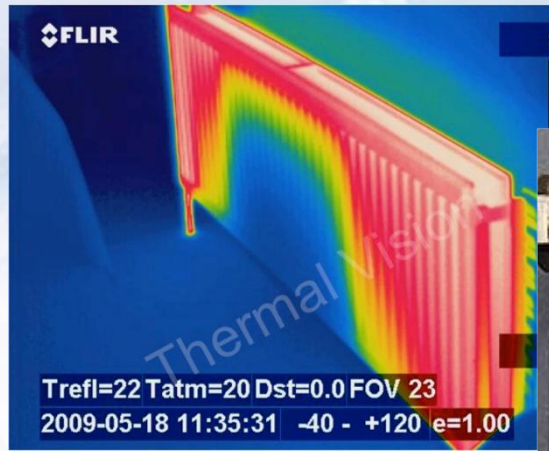
LA CORROSION par l'oxygène

L'oxygène provient de:

- Oxygène dissout présent dans l'eau
- Vase d'expansion sous dimensionné ou sous gonflé
- Appoints d'eau
- Matériaux poreux
- Fuites ou micro-fuites (aspiration de l'air par effet Venturi)



CONSEQUENCES



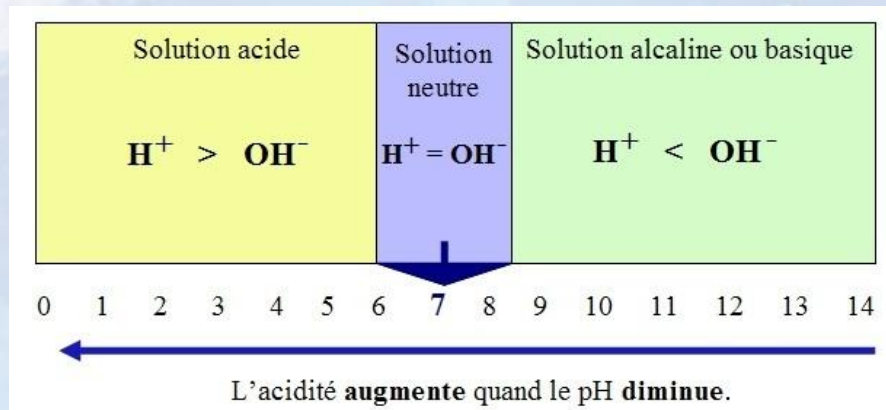
CONSEQUENCES

- Formation de magnétite : grippage des vannes, des têtes thermostatiques.
- Encrassement des circulateurs
- Radiateurs ne chauffant que partiellement : réduction de la surface d'échange
- Embouage de l'installation (perte de rendement des radiateurs, et de la chaudière)
- Percements distribution, chaudière, radiateurs
- Peut entraîner des corrosions sous dépôts



CORROSION ACIDE

- Couramment, le pH (potentiel d'Hydrogène) mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C :
 - une solution de pH = 7 est dite neutre ;
 - une solution de pH < 7 est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide ;
 - une solution de pH > 7 est dite basique ; plus son pH s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.



Attention, échelle logarithmique, une eau à pH 6 est 10 fois + acide qu'une eau à pH 7, etc....



Les métaux se corrodent différemment suivant le pH:

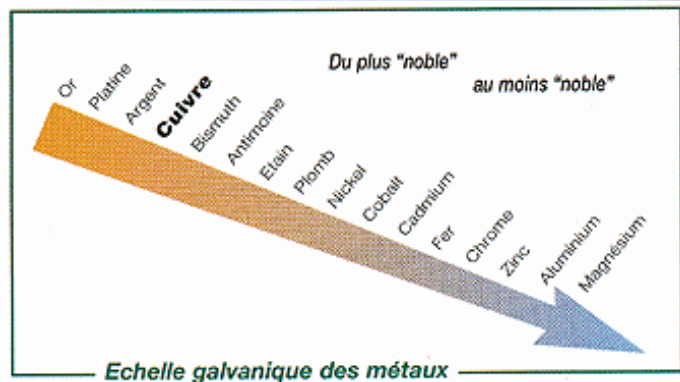
- Fe > 9.5
- Cu < 7
- 4 < Al < 8.5



ELECTROLYSE (ou corrosion galvanique, ou phénomène de pile)

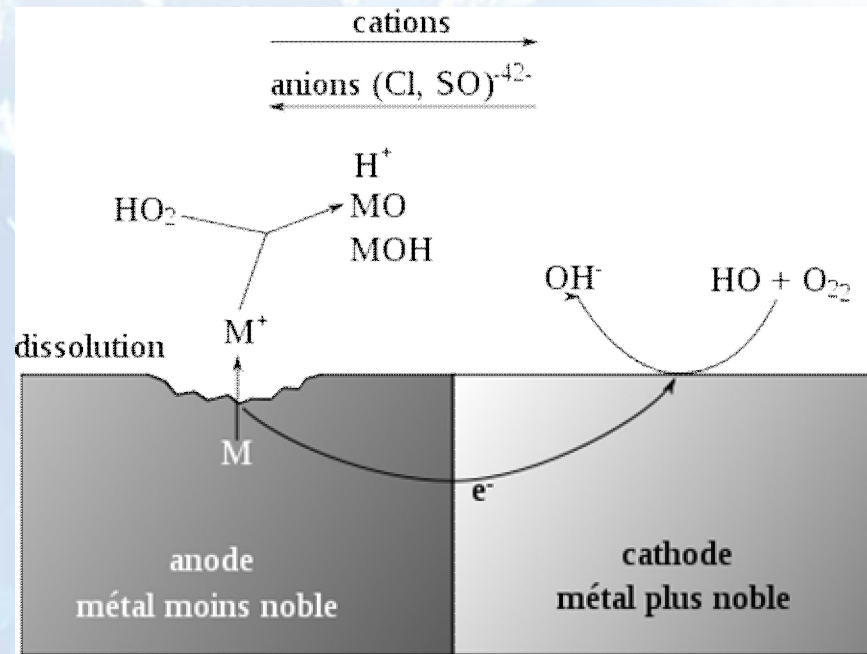
Corrosion électrochimique résultant de la formation d'une pile par mise en contact de deux matériaux conducteurs différents dans un environnement assurant un milieu électrolytique

Potentiels d'équilibre standards mesurés par rapport à l'électrode à hydrogène			
Magnésium	- 2,37 V	Etain	- 0,14 V
Aluminium	- 1,66 V	Plomb	- 0,13 V
Titane	- 1,63 V	Hydrogène	0 V
Zinc	- 0,76 V	Antimoine	+ 0,15 V
Chrome	- 0,74 V	Bismuth	+ 0,31 V
Fer	- 0,45 V	Cuivre	+ 0,34 V
Cadmium	- 0,40 V	Argent	+ 0,80 V
Cobalt	- 0,28 V	Platine	+ 1,18 V
Nickel	- 0,26 V	Or	+ 1,69 V



Le métal le moins noble (potentiel le + bas) se corrode .

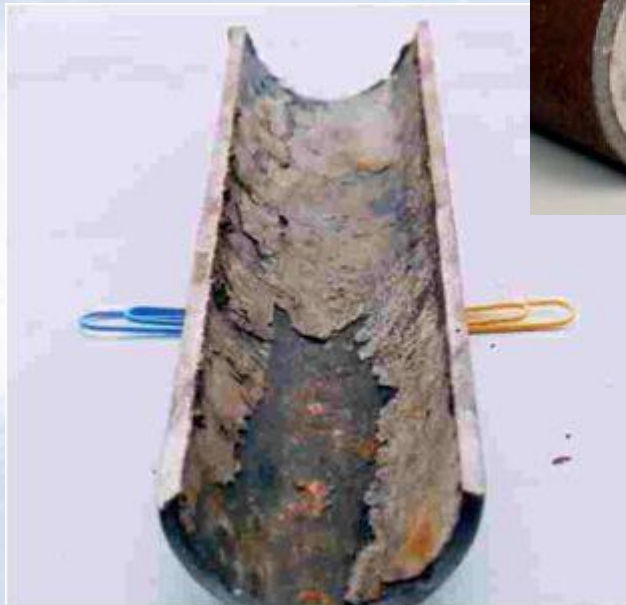




Cette réaction s'accompagne du dégagement d'un gaz, l'hydrogène (Gaz inflammable) qui se retrouve en point haut des radiateurs



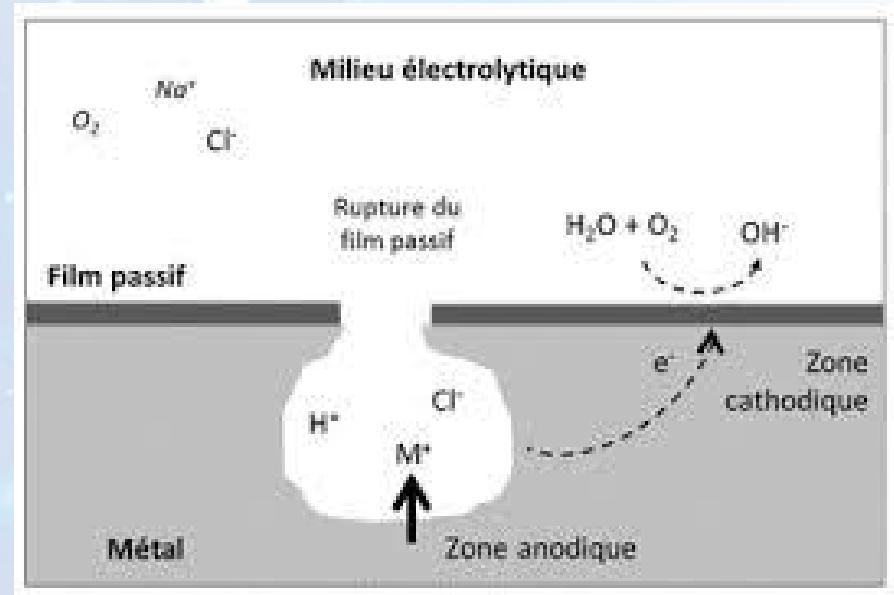
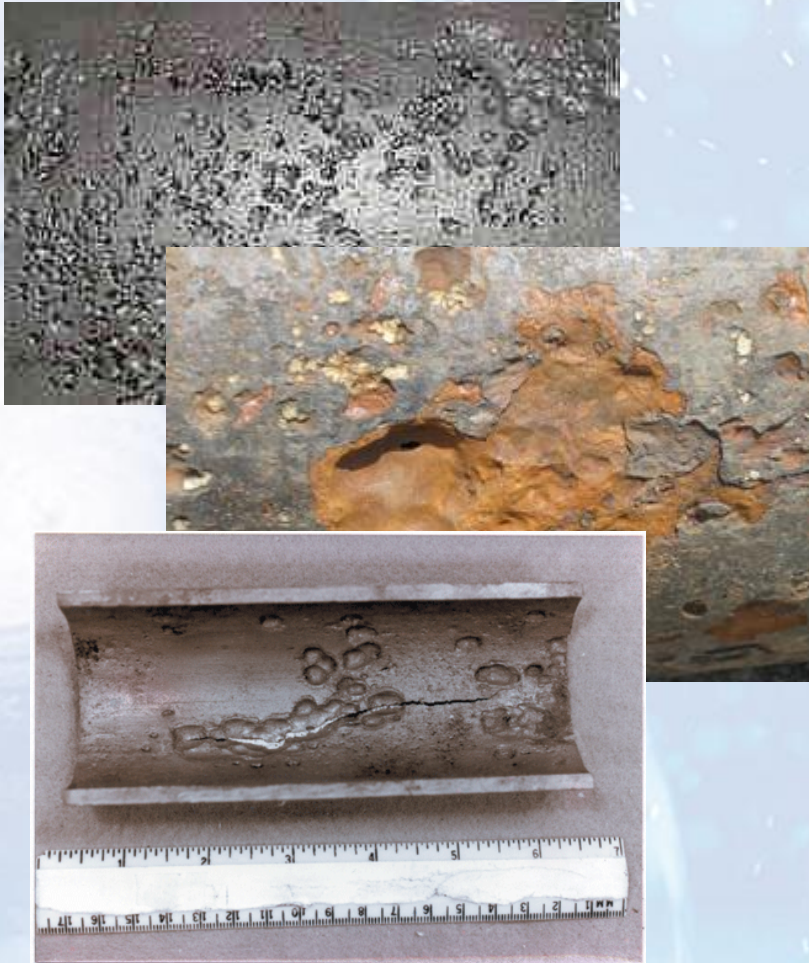
CORROSION SOUS DEPOT



Une des conséquences de la formation des dépôts (point bas des radiateurs, corps de chauffe de la chaudière), est une corrosion sous dépôt (Electrolyse par oxygénation différentielle: le taux d'oxygène est plus faible sous le dépôt que dessus, il se crée une pile et l'anode est la partie la moins oxygénée)



PITING / CORROSION PAR LES CHLORURES

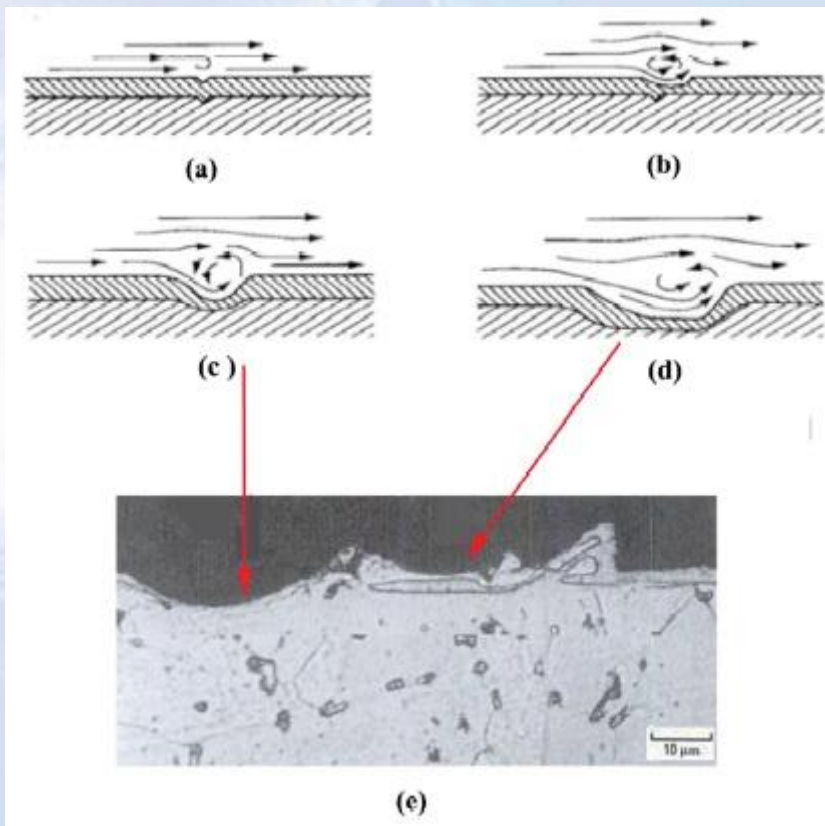


Il y a rupture de la couche de passivation et corrosion localisée, ce phénomène est favorisé par les milieux riches en Chlorures (Cl^-) ou Sulfates (SO_4^{--}). Une cellule de corrosion se crée pouvant aller au percement du métal.



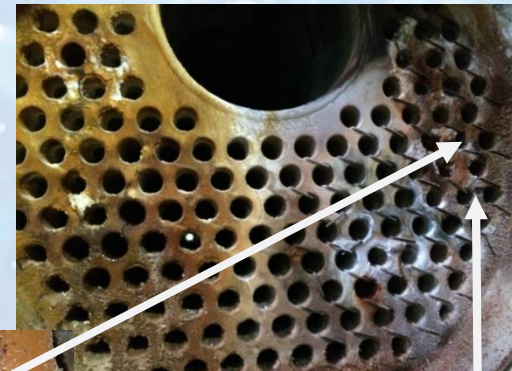
CORROSION EROSION

L'érosion-corrosion peut être définie comme une réaction de corrosion qui est accélérée par le mouvement relatif entre un fluide corrosif et la surface du métal. Cela se traduira par des cavités plutôt spécifiques dans la surface du métal, et peut finalement conduire à une corrosion de type piqûres.



CORROSION SOUS CONTRAINTE

La fissuration par corrosion sous contrainte est un processus dans lequel la combinaison d'une contrainte mécanique, d'un environnement corrosif et de températures élevées peut conduire à une dégradation. De petites fissures apparaissent et peuvent se propager rapidement, entraînant la rupture de certaines parties et même de la totalité de la structure. Les fissures sont à peine visibles à la surface et sont difficiles à détecter par examen visuel.



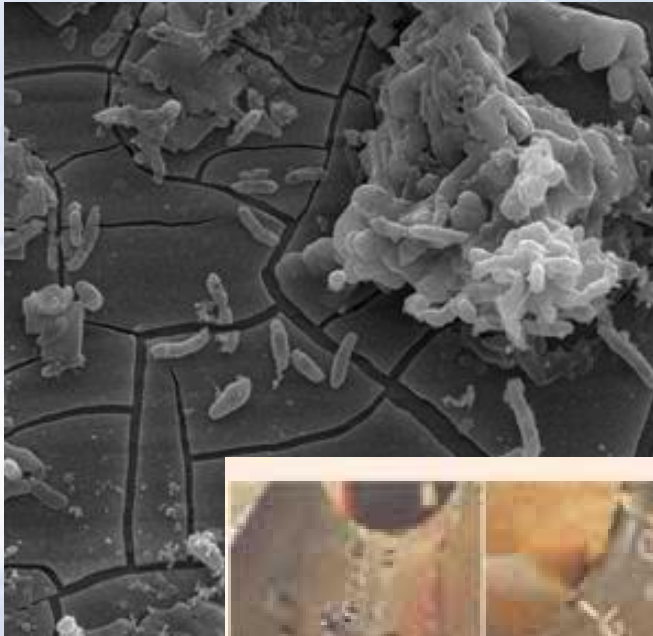
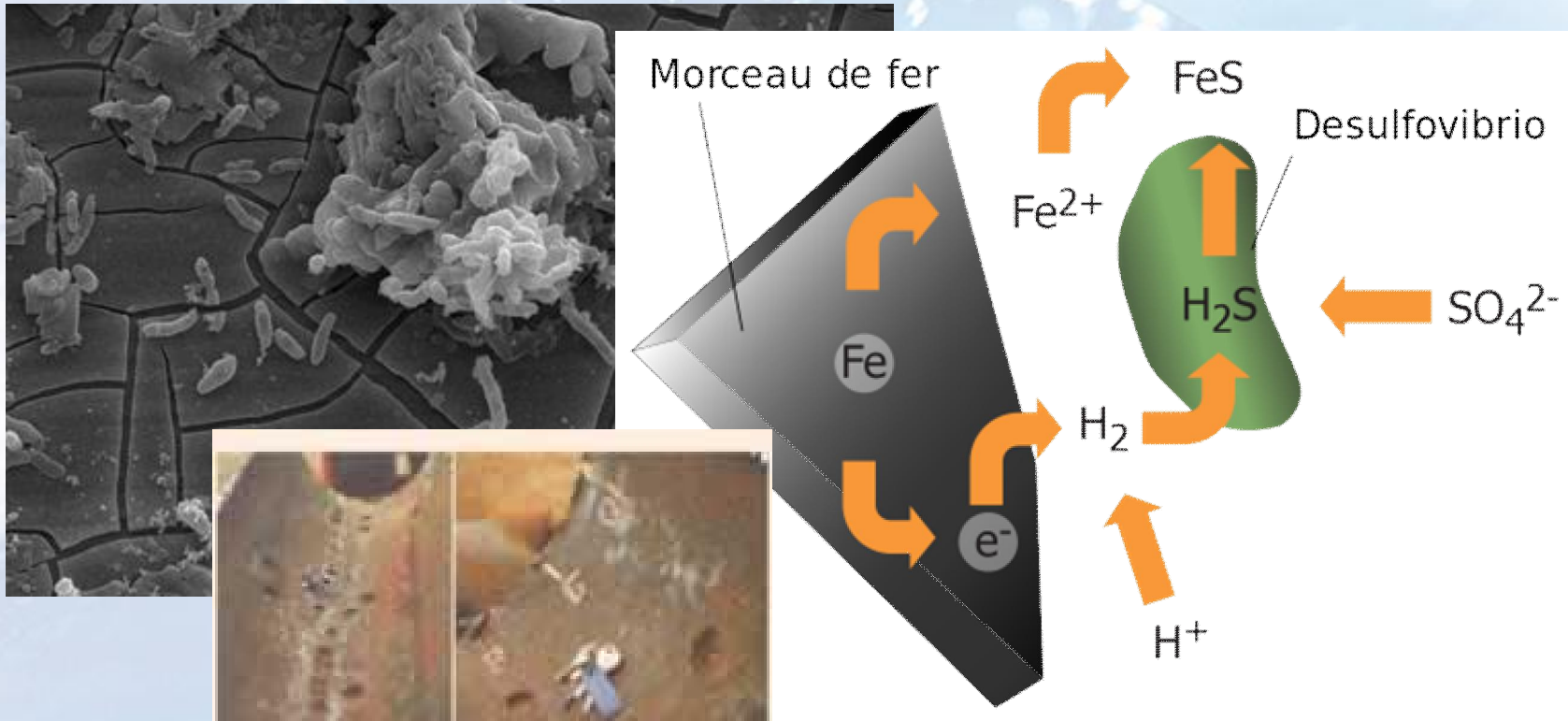
CORROSION BACTERIENNE

- La corrosion microbienne est la conséquence d'interactions qui se manifestent entre des bactéries et les matériaux sur lesquels elles se sont fixées. L'attaque corrosive peut être très rapide et avoir des conséquences très graves (rupture d'éléments, percement entraînant des fuites, dégradation des structures, perte de l'étanchéité etc...)
- La corrosion due aux bactéries sulfato-réductrices :
 - Les bactéries responsables de ce type de corrosion sont principalement des *Desulfovibrio*, des *Desulfomonas* et des *Desulfomaculatum*. Ce sont des bactéries anaérobies capables de transformer les sulfates et les sulfites en sulfures.
 - La présence de ces bactéries dans divers lieux corrodés (réseaux d'eaux résiduaires, circuits de refroidissement, etc.) est attestée par l'odeur particulière que dégagent les sulfures accumulés.

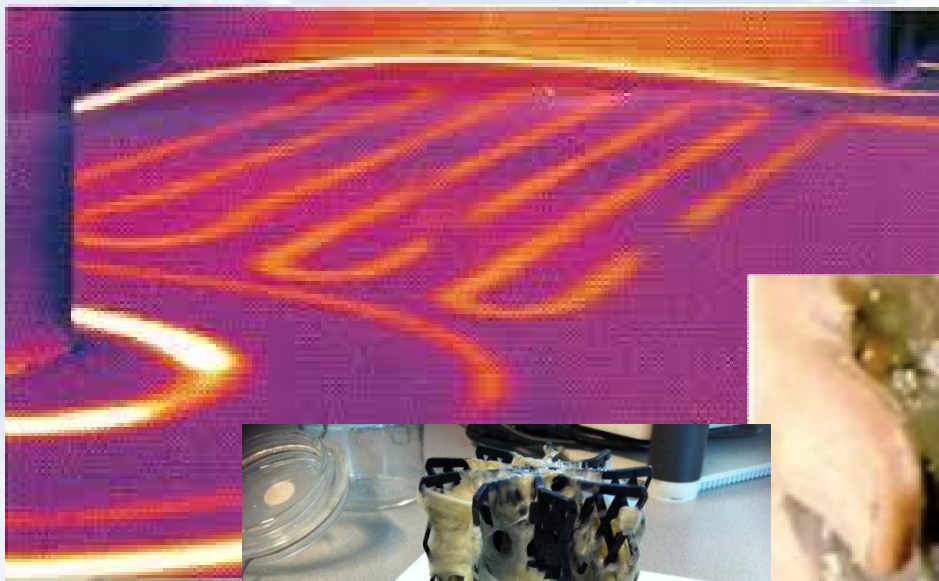


Les bactéries sulfato-réductrices sont des bactéries anaérobies, comme *Desulfovibrio* ; ce sont les sulfates qui remplacent l'oxygène pour la respiration cellulaire.

Au cours du métabolisme, les sulfates sont réduits en sulfures. Ces sulfures peuvent provoquer une corrosion, appelée biocorrosion,



EMBOUAGE PLANCHER CHAUFFANT



A basse température se développent des bactéries filamenteuses dans le plancher chauffant pouvant entraîner des pertes de rendement jusqu'à l'obstruction des circuits

Lutte contre la corrosion

- Choisir un métal inoxydable, mais dans l'absolu ils n'existe pas de métal inoxydable.
- Eviter le contact direct entre métaux de potentiel différent.
- Éviter les hétérogénéités.
- Vase d'expansion correctement dimensionné et/ou gonflé
- Bonne mise à la terre de l'installation
- Maitriser l'environnement:
 - Acidité
 - Chlorures
 - Dureté
 - Température
 - Vitesse du fluide
 - Etc.....



Traitement préventif: Les inhibiteurs de corrosion

- Inhibiteurs anodiques ou cathodiques ou mixtes
- Les filmogènes
- Traitement de surface
- Reducteurs d'oxygène
- Basé sur le pH



Traitement Curatif:

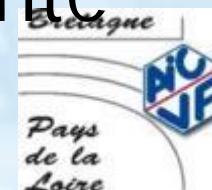
Désembouants ou dispersants: ils permettent de disperser et mettre en suspension les boues d'un circuits fermés et faciliter le rinçage et l'élimination des boues responsables des dysfonctionnement de l'installation



Réglementation concernant les additifs chauffages

Circulaire du 2 juillet 1985:

Les produits de traitement chauffage doivent être inscrits sur la liste A regroupant les fluides caloporteurs pouvant être introduits, en l'état ou après dilution, dans les circuits primaires de chauffage, installation solaire en particulier, et donc avoir un agrément du ministère de la santé



Traitements PHYSIQUES

- Séparateurs d'air: à mettre sur le départ
- Purgeurs
- Filtres et/ou pots à boues: à mettre sur le retour, de préférence magnétique, la puissance de l'aimant conditionnera l'efficacité du filtre
- Anode sacrificielle: comme pour le sanitaire, anode sacrificielle sur le circuit chauffage qui réduira l'oxygène et évitera la corrosion par l'oxygène.



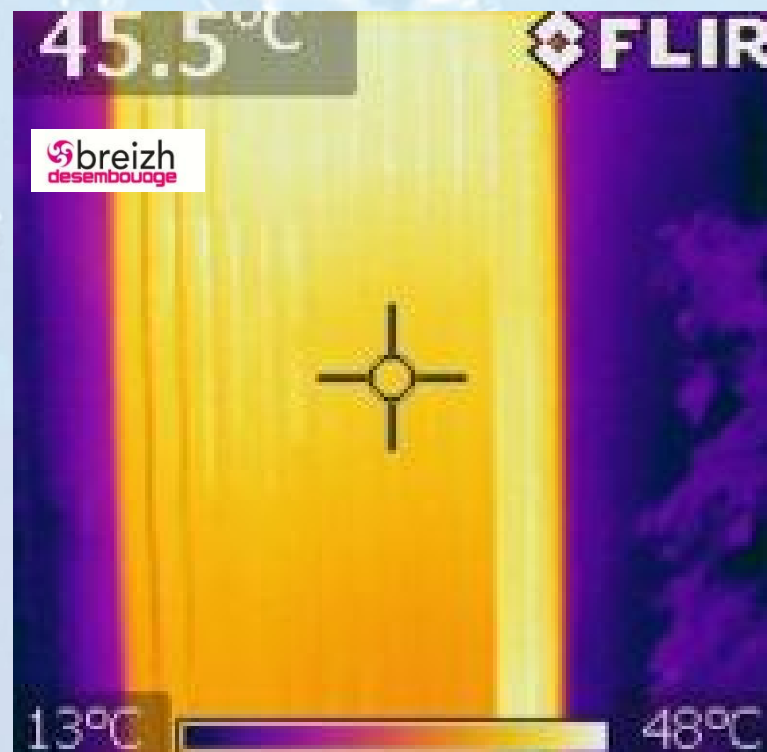
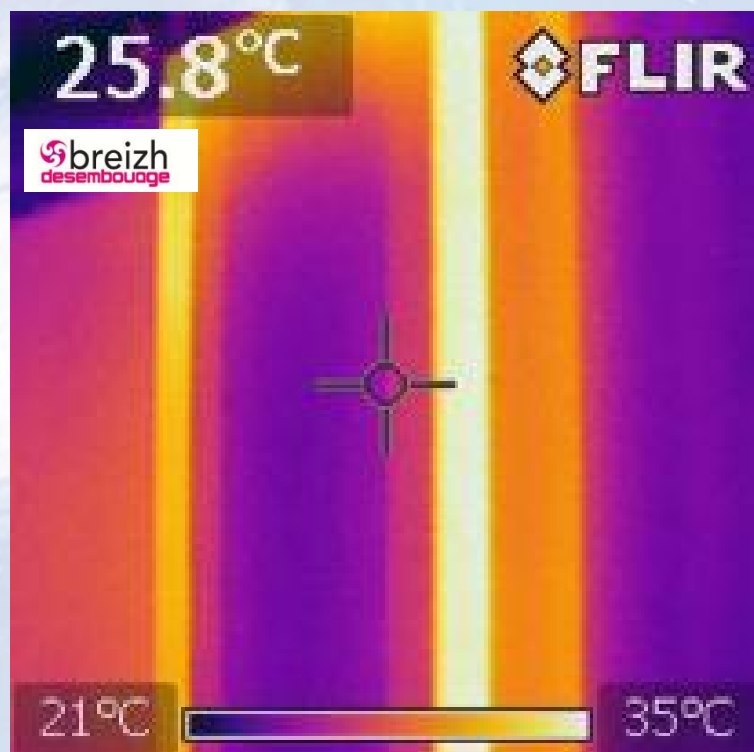
POURQUOI DESEMBOUER ET/OU TRAITER

- Optimiser et rétablir le rendement énergétique de l'installation
- Pérenniser l'installation, la chaudière et tous les composants (circulateurs, vannes, radiateurs, etc....)
- Diminuer la facture énergétique
- Contribuer à la diminution de l'émission des gaz à effet de serre
- Eviter les retours intempestifs sur les installations
- Satisfaction du client
- Devoir de conseil: Attestation d'entretien



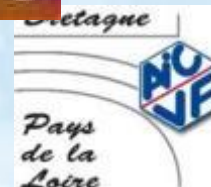
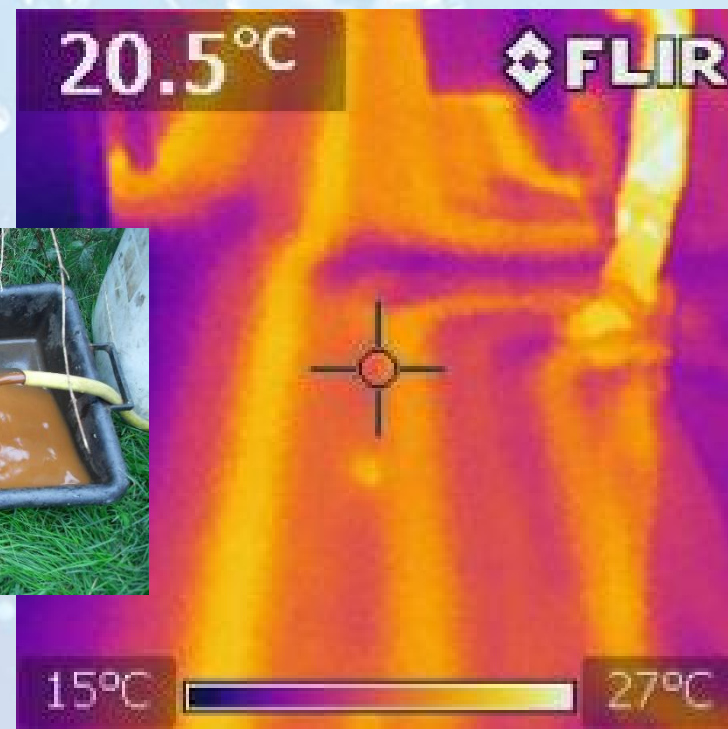
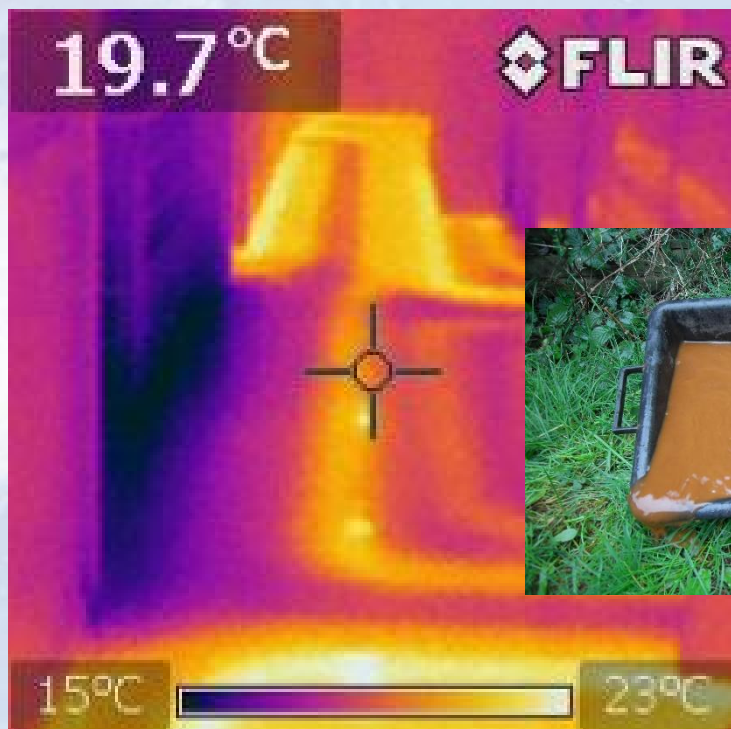
AVANT DESEMBOUAGE

APRES DESEMBOUAGE

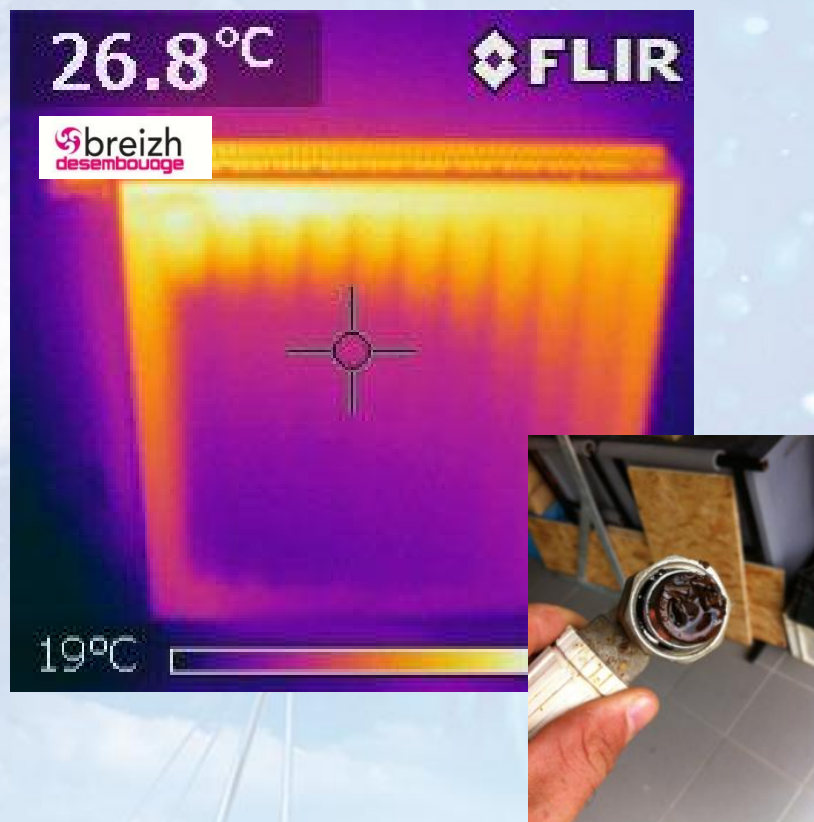


AVANT DESEMBOUAGE

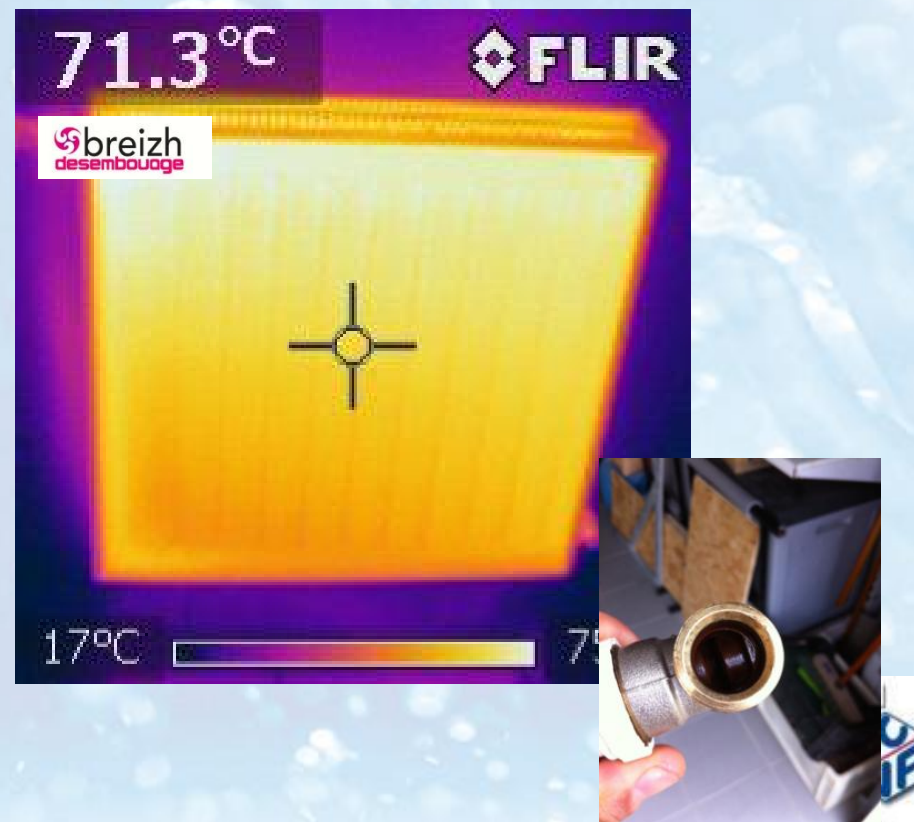
APRES DESEMBOUAGE



AVANT DESEMBOUAGE



APRES DESEMBOUAGE



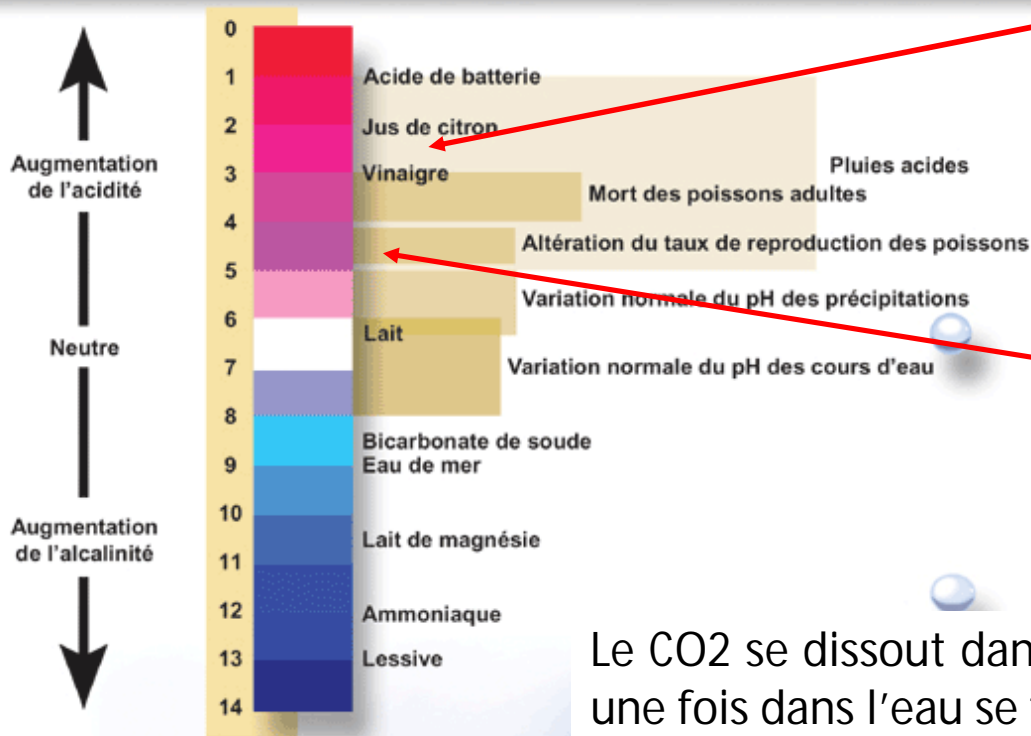
Diagnostiquer: LES ANALYSES D'EAU

- Objectif: réaliser une analyse d'eau de remplissage et de l'installation, faire un diagnostique, préconiser le ou les produits adéquats pour résoudre le problème rencontré
- Quand faire une analyse d'eau:
 - Problème récurrent sur une installation de chauffage
 - Lors de la mise en eau d'une installation
 - Lors d'un changement de chaudière
- Echantillonnage:
 - Eau remplissage + Eau de l'installation
 - Eau Dure + Eau adoucie + Eau de l'installation
- Paramètres principaux à mesurer: pH, TH, TAC, Conductivité, Chlorures, Sulfates, Fer, Cuivre, Aluminium



LES CONDENSATS

L'échelle du pH



Condensat
Chaudière Fioul

Condensat
Chaudière Gaz

Le CO₂ se dissout dans l'eau (condensat), une fois dans l'eau se transforme en acide carbonique faisant ainsi chuter le pH des condensats

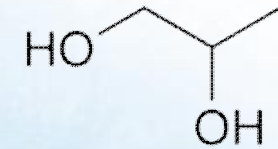


TRAITEMENT DES CONDENSATS

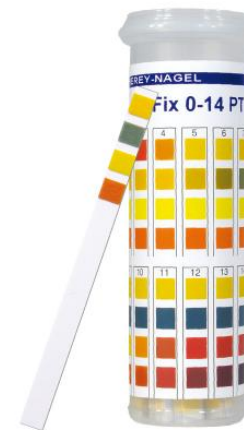
- Dans leur intérêt, les « vendeurs » de neutraliseurs s'appuient sur le DTU qui indique que « *les condensats, bien qu'assimilés aux eaux usées doivent être évacués après traitement* », ou sur l'article de loi L216-6 : « *Le fait de jeter, déverser ou laisser s'écouler dans les eaux superficielles, souterraines ou les eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales, directement ou indirectement, une ou des substances quelconques dont l'action ou les réactions entraînent, même provisoirement, des effets nuisibles sur la santé ou des dommages à la flore ou à la faune, à l'exception des dommages visés aux articles L. 218-73 et L. 432-2* »
- Mais la réglementation française (Règlement Sanitaire Départemental - RSDT art. 29-2) est très claire sur ce point, et ne fait aucunement ou clairement mention des rejets des chaudières à condensation de faible puissance parmi les effluents faisant l'objet d'un déversement délictueux dans le réseau des eaux usées ! En habitat individuel domestique, le traitement des condensats ne présente donc pas de caractère obligatoire en France contrairement à d'autres pays de l'Union Européenne.
- Obligation de traiter les condensats à partir de 400KW



LES PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES



- Fluide caloporteur: Monopropylène glycol
- Le fluide caloporteur doit être périodiquement contrôlée :
 - Au mois une fois par an, s'il n'est pas constaté de perte d'eau
 - Immédiatement, si l'installation a été partiellement vidangée ou si de l'eau a été rajoutée.
- On contrôlera :
 - Le pH à l'aide d'un pHmètre ou de bandelettes de papier pH.
 - Le dosage en antigél, à l'aide d'un réfractomètre.



REJET DES GLYCOLS

- Le rejet des eaux glycolées dans les réseaux d'eaux usées (ex : égouts) est interdit (Art. R543-3 à 16 du Code de l'Environnement et l' Arrêté du 28 Janvier 1999).
- Les glycols sont très toxiques pour les colonies bactériennes œuvrant dans les stations d'épuration.
- Le fluide caloporteur doit être récupéré par une société spécialisée pour sa récupération.
- Sa destruction est réalisée en centre spécialisé ou dans certaines déchetteries.



Philippe.tounissou@coroxyl.com

06-85-09-31-20

www.coroxyl.eu/

