

UNITE DE DEFERRISATION

INTRODUCTION

La construction des unités de déferrisation répond à un souci d'amélioration de la qualité de l'eau des forages en éliminant notamment le fer.

Un taux élevé de fer dans l'eau est nuisible et peut être à l'origine de l'abandon pur et simple du forage à cause des désagréments engendrés : goût métallique, odeurs putrides, tâches sur les ustensiles, le linge et les aliments, noircissement des ongles, maux de ventre, présence de cristaux dans les urines, brûlures lors de la miction.

Les unités de déferrisation sont des dispositifs assez simples garantissant la potabilité de l'eau.

Le CREPA propose deux catégories d'unités :

- ✓ le type A.D.A.F. (Aération - Décantation - Adsorption - Filtration)
- ✓ et celui dit A.F. (Aération - Filtration).

L'utilisation de l'une ou l'autre est fonction de la teneur en fer total.

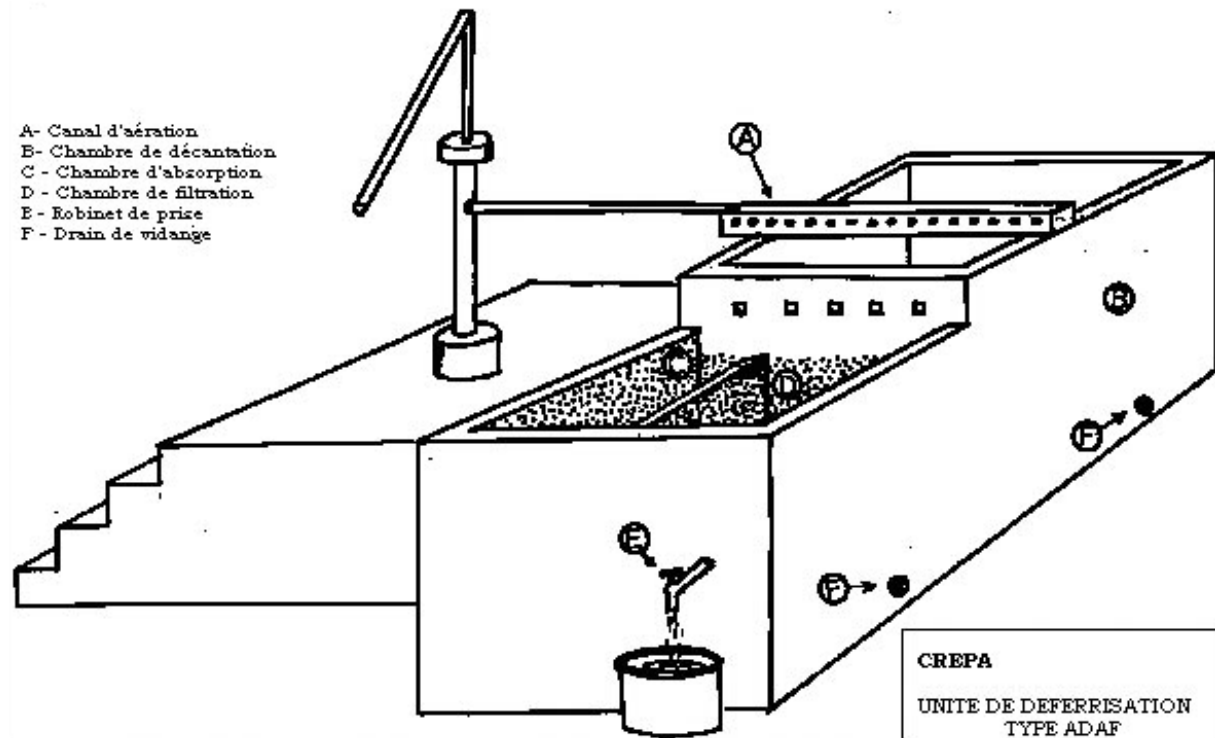
Le premier type est fait en parpaings et le second confectionné avec des fûts métalliques.

Ces deux procédés d'élimination du fer sont exempts de toute utilisation de produits chimiques.

1. DESCRIPTION DE L'UNITÉ DE DÉFERRISATION TYPE "A.D.A.F." (AÉRATION-DÉCANTATION-ADSORPTION-FILTRATION)

1.1. Caractéristiques

- ✓ dimensions de l'unité : L = 1.20 m l = 1.20 m H = 1 m
- ✓ nature du matériau utilisé pour la construction : maçonnerie de 15 x 20 x 40 cm
- ✓ processus de fonctionnement : Aération - Décantation - Adsorption - Filtration
- ✓ tuyauterie : tube galvanisé
- ✓ volume gravier (1,5-2 cm) : 113 litres
- ✓ volume gravier (2-2,5 cm) : 38 litres
- ✓ volume sable (0,2-4 mm) : 38 litres
- ✓ fréquence nettoyage des agrégats : 2 à 4 mois
- ✓ rendement de l'unité : 80 à 98%



Ce dispositif de déferrisation intègre 4 procédés de traitement qui sont l'Aération, la Décantation, l'Adsorption et la Filtration d'où l'appellation d'unité type "A.D.A.F."

Ces procédés ont lieu dans des zones réparties entre la superstructure essentiellement en maçonnerie et les organes annexes.

1.2. Les composantes de l'unité

1.2.1. Le bassin de décantation :

Il est rectangulaire de 0,90 m de long sur 0,25 m de large avec une profondeur totale de 1,00 m. Il comporte à sa partie supérieure des trous d'aération de forme rectangulaire de 10 x 20 cm régulièrement espacés sur sa longueur. Il est muni de deux tuyaux de vidange de 26 mm de diamètre intérieur placés à sa base. Les 2 tuyaux sont implantés sur la largeur du bassin.

1.2.2. Le bassin d'adsorption :

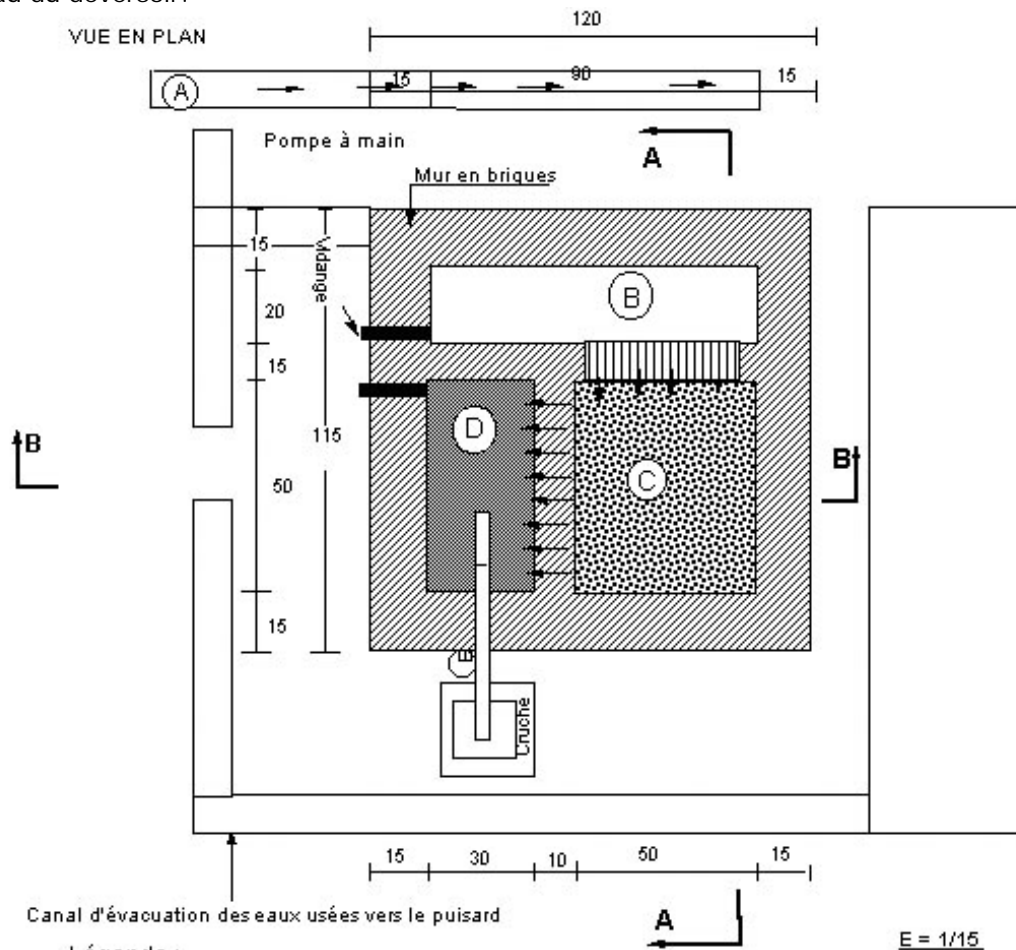
Il a des dimensions intérieures de 50 x 50 cm sur une profondeur de 70 cm. Le fond du bassin se situe à 10 cm au dessus de celui du bassin de décantation. Les deux bassins communiquent par 3 tuyaux de 20 mm diamètre intérieur, encastrés à la base du mur de séparation. Il contient une succession de couches de graviers de granulométrie variable servant de matériaux d'adsorption d'où le nom donné au bassin.

Les différentes couches sont séparées par un grillage en polyéthylène.

1.2.3. Le bassin de filtration :

Il a une forme rectangulaire de 50 cm x 30 cm de dimensions intérieures et sur une profondeur de 80 cm. L'arase supérieure du mur qui le sépare du bassin d'adsorption a la forme d'un déversoir orienté vers le bassin de filtration. Il est muni à sa base d'un tuyau de vidange identique à celui du bassin de décantation et placé du même côté. Il contient une couche de gravier quartz grossier de granulométrie comprise entre 2,5 et 5 cm dans laquelle plonge l'extrémité du tuyau d'exhaure. Sur ce gravier repose une couche de sable de granulométrie comprise entre 0,8 et 2 mm servant de couche de filtration par excellence.

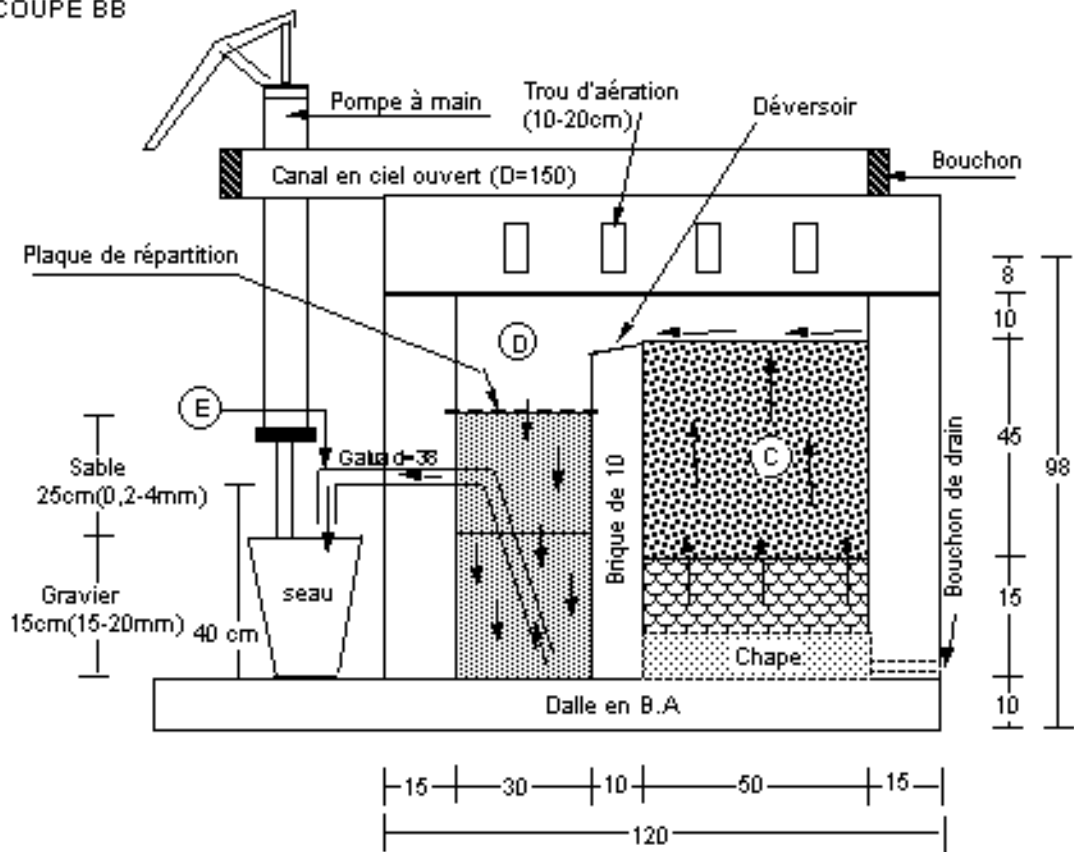
Un tuyau de trop plein est placé sur l'une des parois du bassin vers l'extérieur, à 10 cm au dessus du niveau du déversoir.



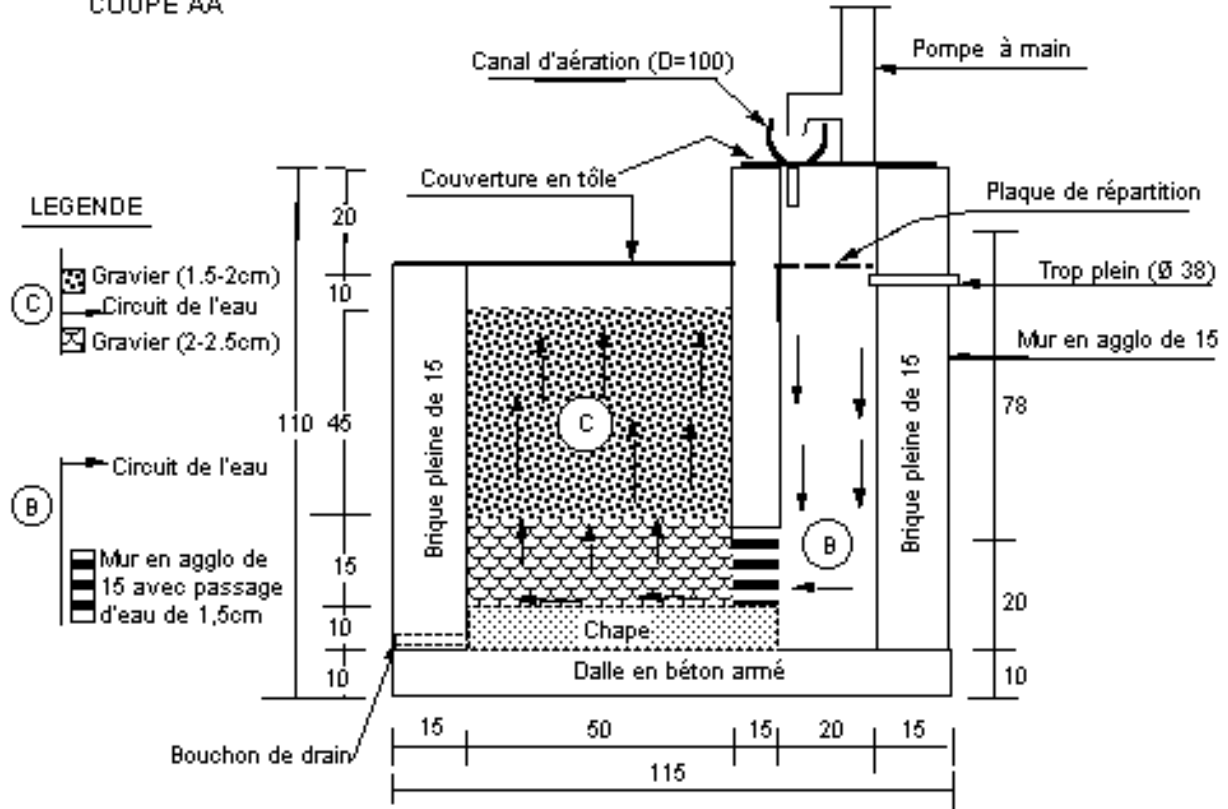
Légende :

- (A) Canal d'alimentation de l'unité et d'aération de l'eau
- (B) Bassin de décantation
- (C) Bassin d'adsorption
- (D) Bassin de filtration
- (E) Conduite de sortie d'eau
- ▨ Passage d'eau
- Circuit de l'eau

COUPE BB



COUPE AA

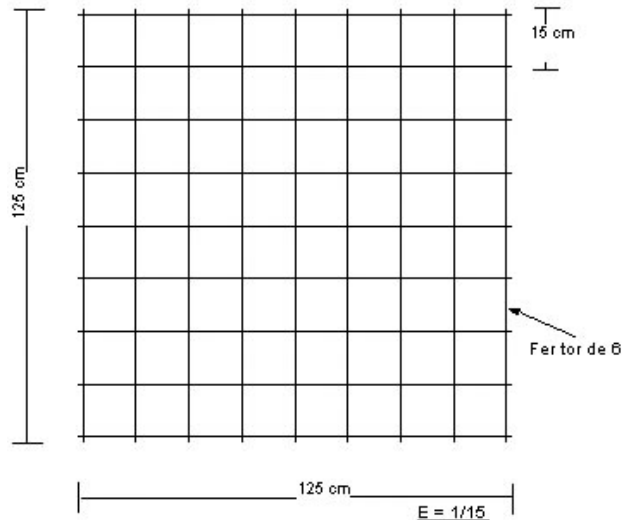


LEGENDE

- (C) Gravier (1.5-2cm)
- (C) Circuit de l'eau
- Gravier (2-2.5cm)
- (B) Circuit de l'eau
- Mur en agglo de 15 avec passage d'eau de 1,5cm

UNITE A.D.A.F. DE DEFERRISATION

PLAN DE FERAILLAGE DU DALLAGE



1.3. Les organes annexes du dispositif

1.3.1. Le tuyau d'alimentation de l'unité :

Il relie la pompe au canal d'alimentation de l'unité et a le même diamètre que le tuyau de prise. Il est muni d'une vanne de réglage. Une conduite parallèle permet de prélever directement l'eau brute.

1.3.2. Le canal d'alimentation :

Le canal d'alimentation de l'unité est faite en tôle perforée sur toute sa surface latérale afin de favoriser une aération efficace de l'eau brute.

Il repose d'un côté sur le tuyau de prise de la pompe qui l'alimente et de l'autre il s'emboîte sur le couvercle du bassin de décantation à l'aide d'un tuyau de 5 cm de long et de 5 cm de diamètre.

1.3.3. La plate forme de répartition :

Elle est placée sous le couvercle du bassin de décantation et juste au dessus des trous d'aération.

Elle mesure 85 cm de long, 15 cm de large et une épaisseur de 5 cm et est perforée sur toute sa surface de petits trous de 5 mm de diamètre.

Comme son nom l'indique elle assure une répartition uniforme de l'eau dans tout le bassin de décantation et favorise l'aération de l'eau.

1.3.4. Le tuyau d'exhaure :

Il est en tube galvanisé de 33 x 40 émergeant à 40 cm du fond du bassin de filtration.

Son extrémité inférieure plonge dans la couche de gravier à 5 cm du fond.

La couche de gravier sert à la fois de matériau filtrant et de support à la couche de sable, dont les particules ne doivent pas être admises dans l'eau traitée.

1.3.5. Le puisard :

De diamètre minimum de 1.00 m, il recueille toutes les eaux provenant de l'unité (eaux de vidange, eaux de nettoyage, eaux traitées perdues, etc.).

Il est rempli de moellons.

2. FONCTIONNEMENT DES UNITÉS DE DÉFERRISATION

Le principe de fonctionnement des unités de déferrisation repose essentiellement sur les propriétés chimiques du fer dans l'eau d'une part et d'autre part, sur les caractéristiques physiques des granulats utilisés pour le traitement.

Il est à remarquer que le fonctionnement de ces unités expérimentées au CREPA ne nécessite pas l'utilisation de réactifs chimiques pendant le processus de traitement.

Les deux unités ont deux étapes en commun : l'aération et la filtration.

2.1. L'aération :

Basée sur l'oxydation du fer divalent par l'oxygène de l'air, l'aération constitue le premier stade du traitement de déferrisation.

La présence du gravier quartz grossier dans la zone d'aération de l'unité type "AF" a pour but d'allonger le trajet des filets liquides et par conséquent le temps de brassage de l'eau par l'air. Elle consiste à dissoudre l'oxygène de l'air dans l'eau et s'effectue à la pression atmosphérique ; ce qui offre l'avantage d'évacuer à moindre frais le gaz carbonique agressif dont l'enlèvement aurait nécessité un traitement de neutralisation coûteux lorsque sa teneur est élevée.

De plus, l'aération permet l'élimination de l'hydrogène sulfureux (H₂S).

La rapidité de l'oxydation du fer divalent par l'oxygène dépend de plusieurs facteurs et en particulier de la température, du potentiel d'oxydoréduction, du pH, de la teneur en fer et en oxygène dissous.

2.2. La filtration :

Elle termine le processus de traitement de déferrisation.

C'est un procédé de séparation physique utilisant le passage d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat).

Ce qui entraîne la formation d'un dépôt de solides à la surface et à l'intérieur du filtre selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant, la grosseur et la cohésion des solides en suspension.

Ces dépôts entraînent le colmatage du filtre nécessitant ainsi un nettoyage plus ou moins fréquent.

2.3. La décantation :

La décantation précède la filtration mais suit l'aération.

L'aération de l'eau brute chargée en fer produit un volume important de précipité, tout comme lorsque le traitement de l'eau implique l'adjonction de coagulants.

Seule l'unité de déferrisation type ADAF comporte un bassin de décantation à l'intérieur duquel se produit non pas une décantation en piston (généralement observée par des concentrations élevées des floccs qui créent une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant), mais plutôt une décantation diffuse (se traduisant par une augmentation de la vitesse de chute au fur et à mesure que les dimensions des floccs s'accroissent à la rencontre avec d'autres particules).

2.4. L'adsorption :

L'adsorption se produit dans l'unité ADAF entre la décantation et la filtration.

Elle est définie comme étant la propriété de certains matériaux à se fixer à la surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques etc.) d'une manière plus ou moins réversible.

Cela se traduit par un transfert de matière de la phase aqueuse (comme c'est le cas ici pour les unités de déferrisation) ou gazeuse vers la surface solide (constitué par les granulats pour les unités de déferrisation).

La capacité d'adsorption est beaucoup plus élevée lorsque l'on dispose de matériaux présentant des surfaces spécifiques importantes et lorsque le temps de contact entre les granulats et l'eau est assez élevée.

Les matériaux utilisés dans le bassin d'adsorption de nos unités de déferrisation sont les graviers quartz, granitique et latéritique.

Les particules ayant échappé à la décantation arrivent dans le bassin d'adsorption.

Au contact avec la surface des granulats, elles sont adsorbées et forment une sorte de film aqueux, gluant autour des matériaux.

IV. ELEMENTS DE COUT D'UNE UNITE DE DEFERRISATION TYPE ADAF

| DESIGNATION | Référence | Quantité |
|---------------------|-----------|----------|
| Fouilles | m3 | 0,3 |
| ciment | sac 50 kg | 4 |
| sable | charrette | 7 |
| brique de 10 | u | 7 |
| brique de 15 pleine | u | 53 |
| fer tors de 6 | m | 24 |

| | | |
|--------------------------|----------|-----|
| fil de fer | rouleau | 1/8 |
| couvercle | u | 3 |
| Té de 33 | u | 1 |
| coude de 33 | u | 1 |
| adaptateur 26/33 | u | 1 |
| robinet vanne 33 | u | 1 |
| manchon 33 | u | 1 |
| téflon | rouleau | 1 |
| tuyau de raccordement 26 | m | 2 |
| tuyau de raccordement 33 | m | 1 |
| grillage | m2 | 3 |
| plaque de zinc | u | 2 |
| Gravier filtre | brouette | 2 |
| sable filtre | brouette | 1 |
| Total matériaux | | |
| main d'oeuvre plomberie | jour | 1 |
| main d'oeuvre maçonnerie | jour | 5 |

Elimination physico-chimique du fer :

Le fer est un des métaux les plus abondants de l'écorce terrestre.

On le rencontre donc naturellement dans les eaux sous forme soluble comme le fer ferreux (fer bivalent existant sous forme dissoute Fe^{2+} ou $Fe(OH)^+$) ou sous forme complexe comme le fer ferrique (fer trivalent : Fe^{3+} rencontré à l'état précipité $Fe(OH)_3$).

L'origine du fer dans les eaux peut aussi s'expliquer de manière industrielle : l'exploitation minière, la sidérurgie, la corrosion des métaux, etc.

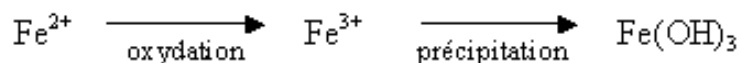
Le fer ne présente pas de danger pour la santé humaine, ni pour l'environnement mais il apporte cependant des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique.

En effet, le fer donne une coloration de rouille à l'eau qui peut tâcher le linge, les sanitaires ou bien encore les produits issus de l'industrie agroalimentaire.

Le fer donne aussi un goût métallique à l'eau rendant désagréable sa consommation.

Il peut aussi être à l'origine de corrosion des canalisations dû au développement de micro-organismes, les ferro-bactéries.

Dans les eaux bien aérées, le potentiel rédox du milieu est tel qu'il permet une oxydation du fer ferreux en fer ferrique qui précipite ensuite sous forme d'hydroxyde de fer, $Fe(OH)_3$, ce qui permet une élimination naturelle du fer dissous.



Or les eaux souterraines sont peu aérées : le fer reste donc en solution et il devient alors important de l'éliminer en vue d'une utilisation de l'eau.

L'élimination du fer ferreux, par voie physico-chimique, est obtenue en élevant le potentiel rédox du milieu par oxydation grâce au dioxygène de l'air et ce par simple aération.

Dans le cas d'une eau acide, le traitement pourra être complété par une correction du pH.

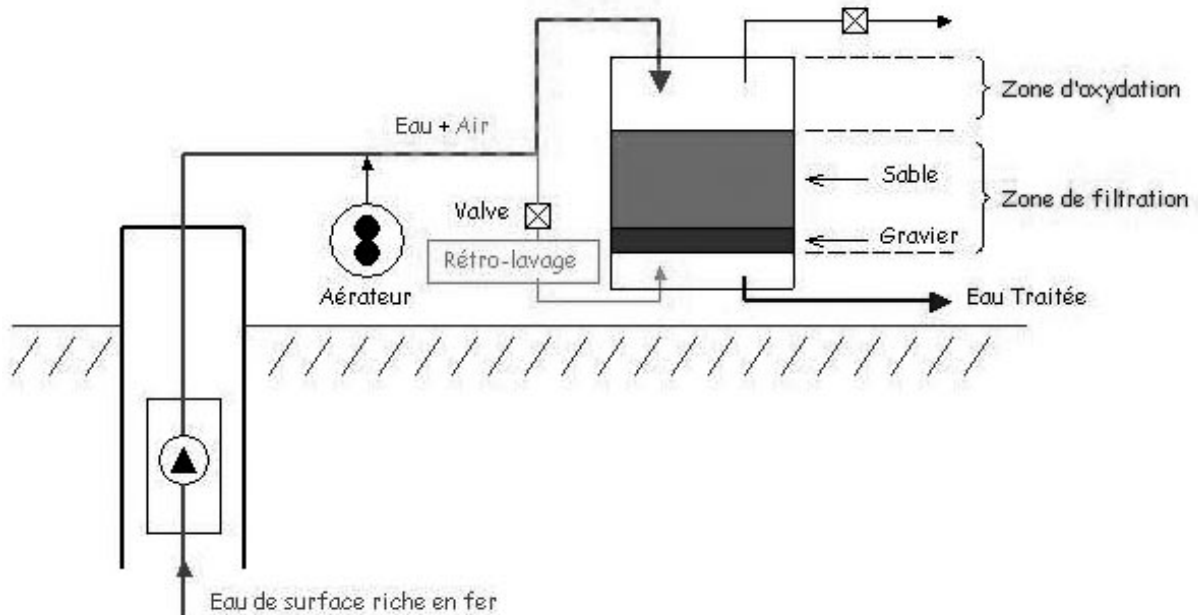
Ainsi, le fer ferreux s'oxyde en fer ferrique qui précipite en hydroxyde de fer, $Fe(OH)_3$.

Le précipité est ensuite séparé de l'eau par filtration sur sable ou par décantation.

L'étape de précipitation par oxydation chimique peut aussi être réalisée à l'aide d'oxydant plus fort tels que le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3) ou le permanganate de potassium ($KMnO_4$).

Cette élimination peut s'effectuer à l'air libre par cascade ou par pulvérisation (pour une teneur maximale admissible en Fe^{2+} de 7mg.L^{-1}) dans des installations dite gravitaire qui nécessitent une place au sol importante mais qui outre une exploitation aisée et peu onéreuse permettent aussi d'éliminer le CO_2 agressif et le sulfure d'hydrogène (H_2S).
Il existe aussi des installations sous pression qui outre leur compacité permettent de traiter des eaux dont la teneur en Fe^{2+} peut aller jusqu'à 10mg.L^{-1} .

Schéma d'une unité d'élimination du fer



L'eau de surface, une fois pompée, est aérée à l'aide d'un aérateur et ensuite envoyée dans une chambre sous pression afin que le fer soit oxydé puis que les oxydes de fer (qui résultent de cette oxydation), précipitent.

Ensuite, l'eau est filtrée sur sable afin de retenir les oxydes de fer précédemment formés.

Un système de rétro-lavage par l'air permet aussi de décolmater et de nettoyer le filtre à sable, de toutes les oxydes accumulés lors de la filtration.

Bien souvent, le fer se retrouve dans les eaux sous une forme complexée.

Afin d'être éliminé, le fer complexé demande une étape complémentaire de coagulation qui s'intercale entre l'oxydation et la filtration.

Remarque :

Le fer peut aussi être éliminé par voie biologique.

Grâce à des micro-organismes, il est possible d'éliminer le fer des eaux.

En effet, il existe de nombreuses bactéries dont le métabolisme, et donc leur survie, est lié à l'oxydation du fer.

Cependant cette élimination biologique nécessite des conditions spécifiques du milieu au niveau du pH, de la température, du potentiel rédox, etc.

Source : Cardot C., Les traitements de l'eau, Collection TECHNOSUP, 1999

Filtres à sable

La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes.

Si elle est correctement appliquée elle permet de produire une eau de grande qualité.

Très utilisé pour la purification des eaux potables, un filtre à sable est constitué par des couches de sable de qualité et de granulométrie adéquates, à travers lesquelles circule l'eau à vitesse relativement faible.

La filtration par le sable est une méthode robuste utilisée très fréquemment pour enlever les particules solides suspendues dans l'eau.

Le filtre est en fait constitué de plusieurs couches de sable, chacune ayant ses spécificités (matériau, taille des grains).

Les filtres à sable sont disponibles avec des tailles et matériaux différents, ils peuvent être entièrement automatisés ou non.

Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes :

1. Filtration pendant laquelle les particules sont séparées de l'eau à traiter
2. Adsorption chimique pendant laquelle les contaminants collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier
3. Assimilation par des micro-organismes aérobiques qui se nourrissent des polluants de l'eau.

L'eau qui est purifiée grâce à un filtre à sable est généralement prétraitée au préalable.

| Application de la filtration par sable : | |
|--|---|
| ⇒ Préparation des eaux de refroidissement | ⇒ Pré-filtration pour les systèmes à membrane |
| ⇒ Traitement d'eau potable | ⇒ Filtration des eaux de surface |
| ⇒ Production d'eau potable | ⇒ Filtration continue |
| ⇒ Filtration des eaux de piscines (filtre à sable bi-flux) | |

Une application spécifique de la filtration par sable est la déferrisation d'eaux de surface ou souterraines.

La déferrisation consiste à aérer l'eau de façon à oxyder et à faire précipiter les ions fer et manganèse.

Cette étape est suivie par un filtrage des particules précipitées grâce à un filtre à sable.

Lorsque le filtre est saturé par les particules solides, le flux de liquide est inversé et le débit augmenté, afin de nettoyer le filtre.

Le temps de nettoyage est déterminé par les facteurs suivants :

- ⇒ Volume
- ⇒ Chute de pression due au filtre

