

# Association Vendéenne de Géologie

## Visite de l'usine de traitement de l'eau potable de Rochereau et visite du barrage de Rochereau

Dimanche 24 janvier 2014

Notre visite de la station de potabilisation de l'eau de Rochereau a été guidée par **Nicolas Douillard, Conseiller Environnement à Vendée Eau.**

Quelle est la fonction d'un Conseiller Environnement à Vendée Eau ?

Il est avant tout l'interface entre les multiples acteurs publics et privés qui interviennent dans l'aménagement du territoire : collectivités locales (municipalités, chambre d'agriculture...), entreprises du secteur public ou privé, associations... et Vendée Eau pour assurer la qualité de l'eau et donc l'amélioration de l'environnement et du cadre de vie.

- Il a une action qui peut être préventive, corrective ou de sensibilisation.

Il intervient :

- auprès des agriculteurs pour les inciter à réduire l'utilisation des pesticides, à la création de mares, très efficaces pour une épuration naturelle des eaux...,
- auprès des élus pour assurer l'entretien des berges des rivières...

autant de solutions simples, réalistes et peu onéreuses.

- auprès des industriels également pour mettre au point des programmes de réduction des pollutions... conformément à la réglementation environnementale.

➤ Il peut aussi être chargé de la mise en place de technologies propres, de l'installation de sites de stockage et de leur maintenance.

➤ La dimension gestion administrative et financière d'une structure ou d'un équipement fait aussi partie de ses attributions.

## I. Présentation de Vendée Eau

### A. Historique

C'est en 1961 que 20 Syndicats Intercommunaux et 2 communes isolées se regroupent pour former le **Syndicat Départemental d'Alimentation en Eau Potable de la Vendée**, premier Syndicat Départemental de France, afin de répartir équitablement les charges d'investissement et d'exploitation et d'appliquer un tarif unique de l'eau pour tous les abonnés.

En 2004, le Syndicat Département d'Alimentation en Eau Potable change de nom et devient **Vendée Eau.**

## B. Rôle

Aujourd'hui, Vendée Eau gère un patrimoine de 10 usines de potabilisation de l'eau, 10 captages, 12 barrages, 90 châteaux d'eau et un réseau de canalisations de près de 14 000 km conduisant l'eau potable depuis les unités de traitement jusqu'aux robinets des Vendéens (270 communes desservies, 340 000 abonnés).

**NB : Parmi les communes fonctionnant de façon autonome, citons : La Roche-sur-Yon, Fontenay, Saint-Mars-la-Réorthe...**

## C. Le réseau d'eau en Vendée

### ▪ **Organisation du réseau**

Chaque usine de potabilisation de l'eau alimente son propre réseau de canalisations. Les principaux réseaux sont ensuite interconnectés ; de fait, les usines de production sont par conséquent reliées entre elles.

Cela permet d'assurer la continuité du service, que ce soit en période de pointe (fortes consommations estivales), ou en cas de crise, comme lors de la pollution ponctuelle d'une ressource obligeant à faire appel à une ressource de substitution.

**NB : Toutes les communes de Vendée gérées par Vendée Eau ne sont pas alimentées en eau par les barrages vendéens. C'est le cas en particulier de celles du Nord du département qui reçoivent de l'eau captée dans la nappe alluviale de la Loire (Champ captant de Basse-Goulaine).**

<http://www.cc-paysdesherbiers.fr/data/mediashare/57/pl2sp25gd81h7uovlvwaw4y9f3wlng-org.pdf>

<http://www.cc-paysdesherbiers.fr/data/mediashare/dw/g3x2j9wo3sykvjoae5rq10wr61qgnk-org.pdf>

### ▪ **Rendement et entretien du réseau**

Ce réseau présente un rendement moyen de près de 90% ; cela signifie que sur 1000 L d'eau potable produits, 900 sont effectivement utilisés, les 100 L restants étant perdus dans la nature du fait des fuites sur réseaux et des purges.

Ce chiffre est relativement satisfaisant mais Vendée Eau cherche toujours à l'améliorer en entretenant régulièrement et en remplaçant les réseaux les plus anciens.

Cette tâche est confiée par Vendée Eau à des sociétés privées : **la SAUR, la Lyonnaise des Eaux, la Nantaise des Eaux Services et Veolia Eau**, liées par des contrats dits de gérance ou des marchés de services, pour une durée déterminée.

Ces sociétés exploitantes ont non seulement en charge l'entretien des réseaux mais aussi le fonctionnement, la surveillance et l'entretien des ouvrages (barrages, stations de potabilisation, châteaux d'eau et stations de traitement des eaux usées) et *in fine* la responsabilité de la qualité de l'eau distribuée.

## II. L'usine de traitement de l'eau potable de Rochereau

<http://www.vendee-eau.fr/module-Contenus-viewpub-tid-2-pid-60.html>

## A. Visite des salles de préparation des produits chimiques

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

### Etape 2 : Utilisation des réactifs

**LA CHAUX**  
La chaux sert à augmenter le pH (ajout de "calcaire"). Elle est ajoutée en sortie du décanteur et en entrée du carboxiflux pour corriger le pH.

**LE CHLORURE FERRIQUE**  
Coagulant à base de fer utilisé dans l'étape de la décantation.

**LE PERMANGANATE DE POTASSIUM**  
Permet l'élimination du manganèse.

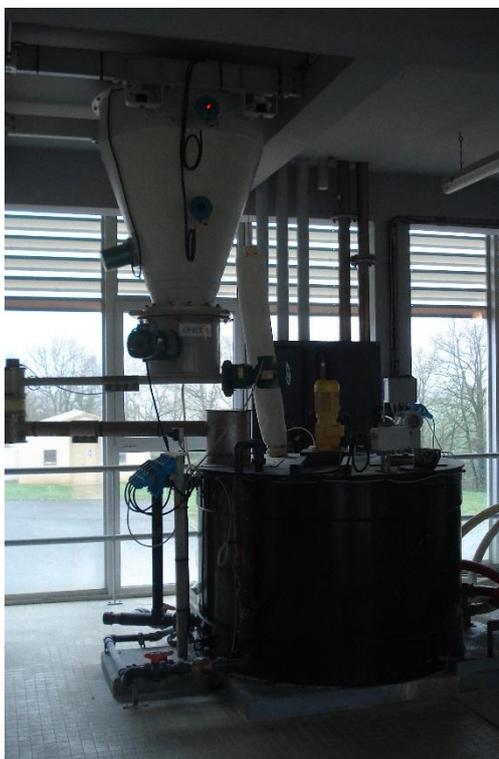
**LA SOUDE**  
L'ajout de la soude permet d'augmenter le pH, met l'eau traitée à l'équilibre et protège les canalisations (dépôt d'un film protecteur sur la canalisation).

Si Mana des Prés, Jonière, Talud

Processus de décaustation

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Aranson

### 1. La salle de préparation du lait de chaux



Le lait de chaux (ou barbotine) est fabriqué tout simplement par mélange de chaux et d'eau.

➤ **Quel est le rôle du lait de chaux dans le traitement de l'eau ?**

Il a en fait **plusieurs rôles** ce qui explique qu'on l'injecte généralement en différents points stratégiques du circuit de l'eau.

Dans la plupart des stations, grâce à des pompes asservies (par automate) au débit d'exhaure, on l'injecte :

- **en début de traitement, pour neutraliser l'eau brute et faciliter la précipitation des métaux lourds**

L'eau brute, qui arrive directement de la prise d'eau du barrage ou exhaure, **est acide** ; elle s'est en effet chargée, pendant sa circulation à la surface du sol de tout le bassin versant, en acides divers (acides humiques, fulviques...) provenant de la dégradation de la matière organique morte (déchets végétaux et animaux...) par l'activité bactérienne.

**NB : Toute l'eau de la retenue du Barrage de Rochereau est de l'eau de surface comme d'ailleurs 90% de l'eau potabilisée en Vendée.**

Le lait de chaux, de formule chimique  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , se comporte comme **une base faible**.

Injecté en quantité suffisante en amont du premier bassin dit de « décantation » ou de « clarification », **il va donc neutraliser l'eau brute**.

Dans certaines stations, on l'injecte même en excès de façon à la rendre basique, à l'amener à un pH voisin de 8-9.

**Quel est dans ce cas l'intérêt de rendre le pH basique ?**

Un pH basique va permettre :

- aux ions  $\text{OH}^-$  provenant de la dissociation du lait de chaux de se lier aux métaux lourds présents dans l'eau brute pour donner des hydroxydes métalliques,
- et aux ions  $\text{Ca}^{2+}$  de se lier aux ions phosphates ou aux ions fluor (éventuellement présents) pour donner du phosphate ou du fluorure de calcium.

Or, tous ces produits formés : hydroxydes métalliques, phosphate ou fluorure de calcium sont insolubles en grande partie à ce pH ; **ils vont alors précipiter et être éliminés**.

- **en milieu de traitement, pour maintenir le pH de l'eau au voisinage de la neutralité (pouvoir tampon avec le  $\text{CO}_2$ ), les différents traitements subis par l'eau modifiant constamment son pH.**
- **en fin de traitement, avant refoulement sur le réseau.**

A ce niveau, le lait de chaux sert une nouvelle fois à réguler le pH mais aussi et surtout à **reminéraliser l'eau** devenue potable après filtration et ultrafiltration.

L'intérêt de cette reminéralisation est d'obtenir une eau moins corrosive vis-à-vis des métaux en la rendant plus apte à déposer spontanément dans les canalisations du réseau un film protecteur de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  (**action entartrante**).

Souvent, il est injecté avec du  $\text{CO}_2$ . La réaction qui se déroule dans les canalisations et responsable de la formation du tartre est alors la suivante :



## 2. La salle des ozoneurs

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

### Etape 4 : Ozonation

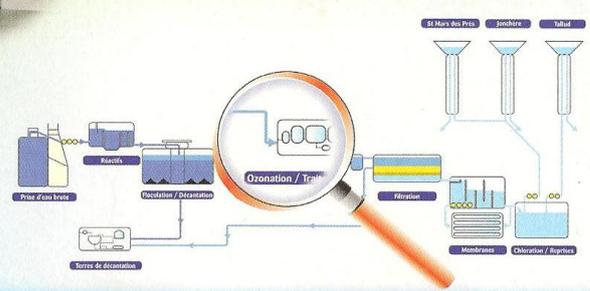
L'ozone est produit dans l'usine, car il ne peut pas être stocké. Pour en fabriquer, il faut de l'air propre, sec et froid. L'air est d'abord filtré pour éliminer les poussières, puis il passe dans un groupe frigorifique pour le refroidir et à travers un produit retenant l'humidité.

Une fois traité, l'air est envoyé dans les ozoneurs. Une décharge électrique est produite : elle crée une lumière violette et transforme l'oxygène de l'air en air ozoné. De la même manière, quand il y a des orages, les éclairs, qui sont des décharges électriques, produisent de l'ozone.

En quelques minutes, après s'être mélangé à l'eau, l'ozone détruit les virus et les bactéries. Il casse aussi les matières organiques et les pesticides (désherbants, ...). Il améliore aussi la couleur et le goût de l'eau.

Deux ozoneurs produisent au total 4800 grammes d'ozone / heure.

Temps de contact de l'eau avec l'ozone : 10 minutes



The diagram illustrates the water treatment process. It starts with 'Prise d'eau brute' (raw water intake), followed by 'Réactifs' (chemicals), 'Oxydation / Décantation' (oxidation and sedimentation), and 'Sables de décantation' (sedimentation sand). The main process is 'Ozonation / Traitement' (ozonation and treatment), which is highlighted with a magnifying glass. This is followed by 'Filtration' (filtration), 'Membresanes' (membranes), and 'Chlorination / Epurées' (chlorination and purification). A separate section shows 'St. Marc des Prés', 'Jonchère', and 'Tallud' with their respective filtration stages.



A photograph showing a large industrial ozonation reactor in a factory setting. The reactor is a tall, cylindrical metal tank with various pipes and valves attached. It is situated on a concrete floor with a metal railing in the foreground.



A close-up photograph of a hand holding a glass of water. The water is being poured from a tap, and there are many small bubbles visible in the glass, indicating the presence of dissolved gases like ozone.

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Arzon



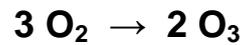
L'ozone de formule chimique  $O_3$  existe dans la nature ; il se forme par exemple dans l'atmosphère par temps orageux par action des éclairs sur le dioxygène  $O_2$  de l'air.

C'est ce principe qui est utilisé pour sa fabrication.

L'air, une fois débarrassé de son humidité et refroidi, passe dans un **appareil de décharge** ou **générateur d'ozone**.

Cet appareil est constitué de deux plaques métalliques qui se font face. L'air comprimé circule entre ces deux plaques où il est soumis à des décharges électriques dans un champ de courant alternatif à haute tension. Les molécules de dioxygène de l'air se dissocient alors puis se recombinent en ozone.

Schématiquement, on a :



### ➤ Rôles de l'ozone

**L'ozone est un oxydant et un désinfectant puissant**, plus puissant encore que le chlore.

#### 1. Action oxydante

Son potentiel d'oxydation (ou potentiel rédox) de 2,07 V est très largement supérieur à celui du chlore (1,35 V). Cela revient à dire que l'ozone oxyde des éléments qui ne le sont pas par le chlore d'où **des temps de contact bien plus courts avec l'ozone qu'avec le chlore pour un même résultat de désinfection**.

Il détruit des composés toxiques tels que les cyanures, les phénols ; il attaque des colorants organiques naturels (acides humiques, tanins, lignines...) et artificiels responsables de la coloration des eaux brutes. Il transforme des composés organiques (herbicides, pesticides...) en matières plus faciles à décomposer par des traitements ultérieurs.

#### 2. Action bactéricide et virucide

L'ozone détruit bactéries et virus. Néanmoins, certains micro-organismes présents dans l'eau comme les parasites Protozoaires *Cryptosporidium* et *Giardia*, responsables de sévères gastro-entérites, lui résistent ; ils seront éliminés lors de l'ultrafiltration.

#### 3. Autres actions

Dans le traitement de l'eau, l'ozone a plusieurs autres actions plus spécifiques :

- Il oxyde le fer ;
- Il améliore la performance des filtres à sable ;
- Il améliore la floculation (appelée « ozofloculation »).

Pour ces dernières propriétés, l'ozone est en général injecté en amont d'un filtre à charbon.

### ➤ Avantages de l'ozone

Le principal avantage de l'ozone par rapport au chlore réside dans son **mode de fonctionnement écologique**.

Les substances, couleurs, odeurs et microorganismes nocifs sont détruits directement par oxydation, sans formation de produits dérivés nocifs chlorés ce qui est le cas avec le chlore.

Après action, l'ozone excédentaire, celui qui n'a pas été utilisé, tend lui-même à redevenir rapidement de l'oxygène pur, ne laissant ainsi aucun résidu dans l'eau.

### ➤ Inconvénients de l'ozone

**L'ozone se dégrade très vite : il ne peut donc pas être stocké et doit donc être produit en permanence.**

De plus, il est irritant pour les yeux et les voies respiratoires.

Il est par conséquent indispensable de pouvoir détecter puis de détruire l’ozone résiduel lorsque cette molécule est utilisée dans l’industrie, dans le but évident de protection du personnel :

- détection de l’ozone gazeux ambiant par un ozomètre capable de stopper la production du générateur d’ozone dès que le seuil de 0,3 ppm dans l’air est dépassé,
- destruction de l’ozone résiduel par un destructeur thermique (chauffage à 350-400°C) ou un destructeur à catalyseur.

## B. Les installations extérieures

### Préalables

**Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de ROCHEREAU**

### Etape 1 : La prise d'eau brute

Une prise d'eau à hauteur variable, entièrement automatisée, permet de prélever la meilleure eau de la retenue. L'eau pompée est analysée en continu afin de régler le traitement en fonction des paramètres analysés. Les paramètres analysés sont : la température, le pH : eau acide ou basique (calcaire), l'oxygène. Le déclenchement du pompage est lié au niveau d'eau dans les lieux de stockage de l'eau traitée (châteaux d'eau). Des sondes informent continuellement sur ce niveau et déclenchent la mise en marche de l'usine. **Débit des pompes : 800 m<sup>3</sup>/heure**

St Mars des Prés, Jonchère, Talud

Prise d'eau brute, Filtration, Membranes, Chloration / Désinfection, Tour de déaération

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Aranson

- Un **dégrillage** a lieu en face amont du barrage.

**Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement.** Elle consiste à retenir tous les gros déchets tels que les morceaux de bois, les bouteilles en plastiques et les canettes. Pour ce faire, on met en place un système de grilles, dont l'espacement est d'environ 50 mm.

Dès qu'elles sont encombrées par les déchets, un racleur monte le long des grilles et fait tomber ces déchets dans une benne qui, une fois pleine, va bien évidemment à la décharge.

L'eau, une fois débarrassée de ces encombrants, dite « brute », sort du barrage par gravité puis est amenée à la station de traitement située une vingtaine de mètres plus haut par pompage avec un débit de l'ordre de 800 m<sup>3</sup>/h.



**Pompes amenant l'eau du barrage à la station**

- La filière de traitement de l'eau à Rochereau comprend les étapes suivantes :

Coagulation-floculation-décantation / Ozonation / Carboflux (réacteur eau flottée-CAP / floculation-décantation) / Filtration sur sable / Ultrafiltration.

### **a. Première étape : Coagulation-floculation-décantation**

**NB :** A la station du barrage de Rochereau, cette étape peut être précédée par :

- *une phase de traitement au permanganate de potassium qui va faciliter la précipitation de certains métaux comme le manganèse,*
- *ou (et) une phase de pré-minéralisation par diffusion de CO<sub>2</sub> et injection de lait de chaux qui va réguler le pH de l'eau et augmenter son pouvoir tampon et contribuer ainsi à la stabilisation du pH pour la suite du traitement,*
- *ou (et) une phase de pré-ozonation*
- 

*tout cela en fonction de la qualité de l'eau brute qui varie avec les saisons, la météorologie ou l'activité biologique.*

## Etape 3 : Floculation / Décantation

### 1 • La coagulation

Un coagulant (chlorure ferrique) est injecté dans l'eau, au taux de 100g/m<sup>3</sup>. Les molécules en suspension viennent s'agglomérer sur ce coagulant pour former "le floc".

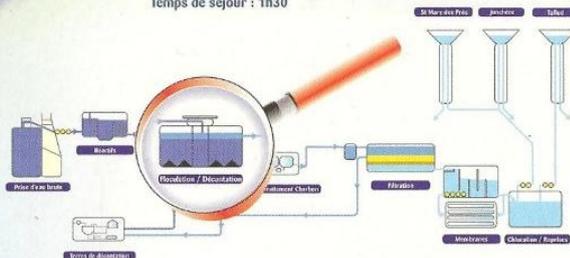
### 2 • La floculation

Pour grossir et alourdir le floc précédemment formé, du polymère ("colle") est ajouté. Ce polymère est injecté au taux de 0,15 g/m<sup>3</sup>. Des turbines mettent en suspension ce floc.

### 3 • La décantation

Les floes formés lors des étapes de coagulation/floculation se déposent au fond du décanteur de type pulsator. L'eau est débarrassée de la majeure partie des matières en suspension. L'eau décantée est recueillie juste en dessous de la surface par des tuyaux.

Temps de séjour : 1h30



La première étape a lieu dans le premier bassin dit de décantation.

La durée de ce traitement est d'environ 1h30.

A la sortie de ce bassin, l'eau sera devenue claire ; pour cette raison, on lui donne encore le nom de **bassin de clarification**.



**Bassin de décantation ou de clarification**



### Détail

La boue s'est déposée au fond. L'eau de surface, clarifiée, est récupérée par les nombreux trous percés dans les tuyaux (de teinte rouille sur le cliché à cause du chlorure ferrique) avant d'aller subir l'étape suivante du traitement.

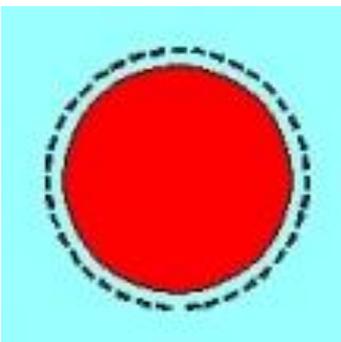
## 1) La coagulation des colloïdes ou neutralisation des colloïdes

Elle est provoquée par un **ajout de chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$  seul.**

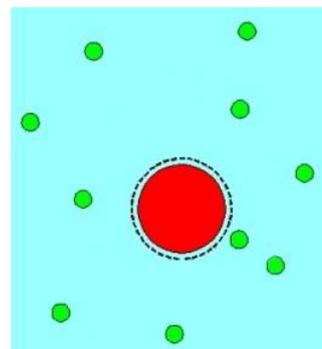
*NB : A la station du barrage de Rochereau, on n'injecte pas dans le bassin de décantation du lait de chaux ou du permanganate de potassium.*

### ➤ Rôle du chlorure ferrique

Les **colloïdes** présents dans l'eau sont en majeure partie des particules d'argile et de composés humiques de très petite taille (on leur donne encore le nom de **micelles**) chargées négativement.



Micelle (en rouge) entourée de charges négatives ( ---- )



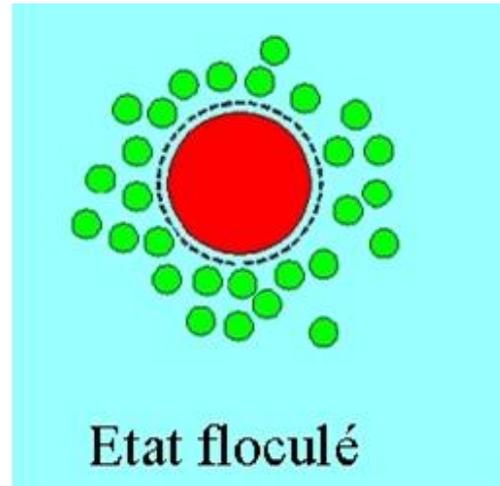
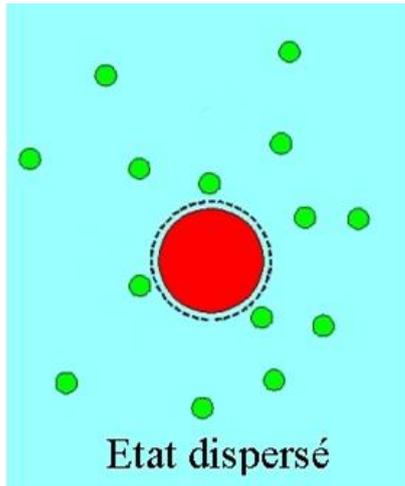
Micelle (en rouge) entourée de charges négatives ( ---- )  
Cations métalliques positifs (en vert)

Entre ces micelles électronégatives, sont dispersées, en solution dans l'eau brute, des charges positives constituées essentiellement par des ions hydrogène ( $\text{H}^+$  ou  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) et des cations métalliques ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  ou  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ).

Par attraction électrique, les micelles électronégatives vont par conséquent, naturellement, attirer des cations métalliques positifs.

Deux cas peuvent alors se présenter :

- a. Lorsque le nuage de charges positives autour de la micelle électronégative est très lâche parce que les ions métalliques positifs sont en petite quantité, de nombreuses charges négatives de la micelle ne sont pas neutralisées. Les micelles restent par conséquent globalement chargées négativement ; et de même signe, elles se repoussent mutuellement ; de plus, légères, elles occuperont tout le volume du liquide. On dit que les colloïdes sont dans l'**état dispersé**.
- b. Si inversement, le nuage de charges positives est dense autour du colloïde parce qu'on a rajouté des cations métalliques, la neutralisation de toutes les charges négatives du colloïde a lieu. Les colloïdes globalement neutres électriquement ne se repoussent plus. Ils sont dans l'**état floculé**.



**C'est là tout le rôle du chlorure ferrique.** Il apporte des cations métalliques positifs  $Fe^{3+}$  en excès ; ces derniers se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules colloïdales ne se repoussent plus ; elles peuvent désormais se rencontrer.

**Remarque :** Suite à la coagulation, la masse des colloïdes neutralisés a augmenté puisque des ions métalliques sont venus s'y « coller ». On pourrait alors penser qu'elle soit devenue suffisante pour que les colloïdes sédimentent au fond du bassin ; il n'en est rien. L'étape suivante est indispensable.

## 2) La floculation ou rassemblement des colloïdes neutralisés

Après la coagulation, plus rien ne s'oppose au rassemblement des colloïdes neutralisés en flocons. Mais ce phénomène est lent, même avec une agitation faible ; il faut le favoriser.

La floculation est accélérée par **l'ajout d'un flocculant**. Un flocculant est un **polymère**, c'est-à-dire une grosse molécule constituée par la répétition d'un même motif de base susceptible de fixer, d'emprisonner un colloïde neutralisé ; **un polymère agglomère ainsi de nombreux colloïdes**. Il se forme alors des flocons volumineux ou « **flocs** ».

## 3) La décantation

Les différentes petites particules (= les colloïdes ou micelles) ont été rassemblées en de gros flocons (= les **flocs**). Il faut maintenant les décanter.

**Dans un milieu aqueux immobile**, les particules en suspension sont soumises à leur poids apparent (poids réel moins Poussée d'Archimède). Celles qui sont plus lourdes que l'eau chutent lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la **décantation**. Elle se réalise spontanément dans le bassin de décantation où l'agitation est maintenue faible.

# Que deviennent les boues de décantation ?



## 1) Épaulement des boues

Les boues décantées, riches en matières organiques, en minéraux fixés dans les floccs et en fer puisqu'on a utilisé du chlorure ferrique, sont récupérées au fond du bassin.

Elles ressemblent alors à une véritable « soupe ».

Cette soupe est traitée dans un **épaisseur** muni d'une herse de façon à obtenir une boue suffisamment dense pour être ensuite, après ajout de polymères, **deshydratée** par centrifugation. La boue qui sort dans les 20% de siccité est finalement stockée dans une aire de séchage.

Quant à l'eau de la « soupe », récupérée à la surface de l'épaisseur, elle est envoyée dans un système de **lagunes** pour être épurée naturellement.

## 2) Utilisation des boues séchées

**Les boues sont utilisées en agriculture.**

L'épandage agricole des boues d'épuration s'inscrit dans la logique du recyclage dans le milieu naturel et de l'économie des ressources non renouvelables.

En apportant des éléments fertilisants aux cultures, les boues réduisent l'utilisation des engrais minéraux, en particulier des phosphates.

Le fer est quant à lui recyclé dans la nature. Il est rapidement dilué par les eaux de pluie. Il participe à l'amélioration de la structure des sols (formation de complexes argile – hydroxyde de fer – humus). Il est absorbé par les plantes pour la synthèse de leur chlorophylle. **Et il n'est pas toxique pour les animaux qui boivent l'eau brute des rivières.**

**NB : L'eau potable qui sort de la station renferme également du fer, quelques fois d'ailleurs plus que l'eau brute ! Mais à ces concentrations, le fer n'est pas non plus toxique pour l'être humain qui, s'il l'absorbe, le métabolise de différentes façons (synthèse d'hémoglobine et de myoglobine).**

## Pour quelle raison n'utilise pratiquement plus, aujourd'hui, le sulfate d'aluminium comme agent de floculation ?

L'aluminium des boues suivrait à peu près le même chemin que le fer dans la nature. Comme pour le fer, il en resterait dans l'eau potable.

Les normes les plus récentes admises sont comprises entre 50 et 200 µg/L, ces quantités d'aluminium sont considérées comme inoffensives pour le corps humain.

Cependant, une fois cet élément absorbé par l'organisme, à la différence du fer, il en sort difficilement. Dans certains organes, comme par exemple la rate, les reins ou encore les poumons, **il s'accumule** et sa concentration peut s'élever jusqu'à 100 ppm alors que dans l'organisme, elle est en moyenne de 9 ppm.

Et c'est là que réside la dangerosité de l'utilisation de l'aluminium dans les stations de traitement de l'eau potable.

Il est aujourd'hui avéré que l'exposition à l'aluminium est responsable d'encéphalopathies, d'atteintes du tissu osseux sous la forme d'ostéomalacie (déficit en vitamine D et en calcium) et du système hématopoïétique sous la forme d'une anémie hypochrome.

On suspecte également fortement une corrélation entre la consommation d'aluminium et la maladie d'Alzheimer.

[http://www.canalacademie.com/IMG/pdf/rapport\\_aluinvs.pdf](http://www.canalacademie.com/IMG/pdf/rapport_aluinvs.pdf)

### b. Deuxième étape : Ozonation et Carboflux (traitement au charbon actif en poudre ou CAP)

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

## Etape 4 : Ozonation



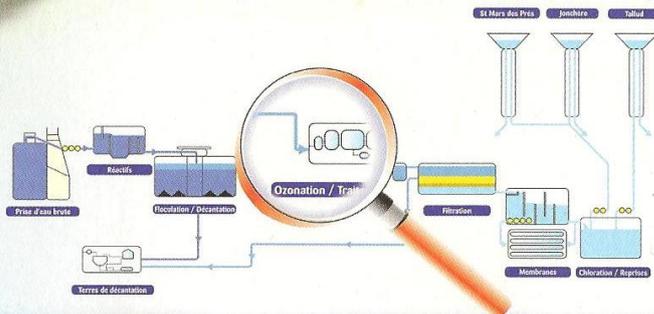
L'ozone est produit dans l'usine, car il ne peut pas être stocké. Pour en fabriquer, il faut de l'air propre, sec et froid. L'air est d'abord filtré pour éliminer les poussières, puis il passe dans un groupe frigorifique pour le refroidir et à travers un produit retenant l'humidité.

Une fois traité, l'air est envoyé dans les ozoneurs. Une décharge électrique est produite : elle crée une lumière violette et transforme l'oxygène de l'air en air ozoné. De la même manière, quand il y a des orages, les éclairs, qui sont des décharges électriques, produisent de l'ozone.

En quelques minutes, après s'être mélangé à l'eau, l'ozone détruit les virus et les bactéries. Il casse aussi les matières organiques et les pesticides (désherbants, ...). Il améliore aussi la couleur et le goût de l'eau.

Deux ozoneurs produisent au total 4800 grammes d'ozone / heure.

Temps de contact de l'eau avec l'ozone : 10 minutes



St Mars des Pres Jonchère Tallud

Prise d'eau brute Réactifs Floculation / Décantation Ozonation / Traitement au charbon actif Filtration Membranes Chloration / Reprise

Terre de décaantation

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Ardennes

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

## Etape 5 : Traitement au charbon actif

Le charbon actif en poudre est fabriqué à partir de charbon de bois (pins), de noix de coco ou de tourbe.

Le charbon actif en poudre est un réactif qui absorbe les molécules de pesticide (désherbants, ...). Il permet aussi de débarrasser l'eau des mauvais goûts et des odeurs.

Chaque grain de charbon actif contient des millions de trous (pores) dans lesquels peuvent se loger des bactéries. Leur rôle : consommer la matière organique qui a été cassée en morceaux par l'ozone.

Il est primordial de se débarrasser de la matière organique, car elle sert de nourriture à certaines bactéries. S'il en restait trop dans l'eau, cela pourrait favoriser le développement de nouvelles bactéries dans le réseau de distribution d'eau potable.

D'autre part, ce charbon peut retenir certains produits toxiques comme les pesticides (désherbants, ...).

Le charbon est retiré dans un décanteur en "nid d'abeilles"

**Durée du traitement : environ 1 heure**

The diagram illustrates the water treatment process. It starts with 'Prise d'eau brute' (raw water intake), followed by 'Infiltration', 'Filtration / Ozonation', and 'Oxydation'. A magnifying glass highlights the 'Traitement Charbon' (activated carbon treatment) stage. The process then continues through 'Filtration', 'Membres', and 'Chlorure / Azotate'. The final distribution points are labeled 'St. Mars des Prés', 'Jambière', and 'Tallud'. A 'Tirage de décantation' (decantation drawing) is also shown.



**Ensemble Carboflux**

La filtration sur charbon actif en poudre (CAP), précédée d'une étape d'oxydation chimique par l'ozone  $O_3$ , représente aujourd'hui le procédé le plus souvent utilisé pour éliminer les pesticides.

### 1) L'inter-ozonation

A la sortie du bassin de décantation, l'eau renferme encore de nombreuses molécules organiques indésirables dont les pesticides et les herbicides (organo-azotés et organo-chlorés et autres) ..., des micropolluants non biodégradables, des micro-organismes dangereux (virus, bactéries...) qu'il faut absolument éliminer.

L'ozonation va casser ces matières par oxydation pour les transformer en substances assimilables qui vont être utilisées dans le traitement biologique suivant et, grâce à son action bactéricide et virucide, détruire la plupart des micro-organismes présents dans l'eau.

**NB : A la station du barrage de Rochereau, au préalable à cette inter-ozonation, on ajuste le pH à 7 ; c'est à ce pH que l'ozone a son maximum d'efficacité. Et l'on fait 2 injections d'ozone.**

## 2) Le procédé Carboflux



### Réacteur de contact avec le charbon actif

Remarquer la couleur noire de l'eau dans le bassin (à gauche du cliché) due au charbon actif.

▪ Au sein du réacteur représenté ci-dessus, l'eau issue du bassin de décantation est mise au contact, après ozonation, avec une suspension de charbon actif en poudre (CAP) de quelques g/L ; le charbon est ainsi comme « fluidifié ». On lui donne encore le nom de **charbon actif fluidisé (CAF)**.

Dans ce réacteur dit de contact, parfaitement agité, les particules de charbon injectées y jouent deux rôles :

- de petite taille, elles développent une surface considérable qui fait qu'elles vont adsorber les dernières molécules organiques qui n'ont pas été dégradées par l'ozonation,
- et poreuses, elles vont abriter toute une flore bactérienne aérobie qui va se développer grâce à l'oxygène apporté par l'ozone et aux substances assimilables issues de l'ozonation.

**Résultat : Grâce au charbon actif et à cette intense prolifération bactérienne, la plus grande partie de la matière organique de l'eau est adsorbée, dégradée, catabolisée et minéralisée.**

Les performances du procédé Carboflux sont encore augmentées par un renouvellement continu du charbon actif : ajout de charbon neuf en quantité équivalente au charbon usagé extrait.

▪ Suite à ce traitement, il va se réaliser dans le bassin contigu **une seconde floculation - décantation.**

Le flux d'eau chargé en particules de charbon est envoyé dans le compartiment voisin. L'eau y arrive par le fond et remonte vers la surface au travers de **décanteurs lamellaires (grilles) en « nid d'abeille »** (voir photos ci-après).

Ces structures vont permettre la **séparation de l'eau de la phase solide restante**, séparation facilitée par l'**addition de polymères** comme dans le bassin de décantation.

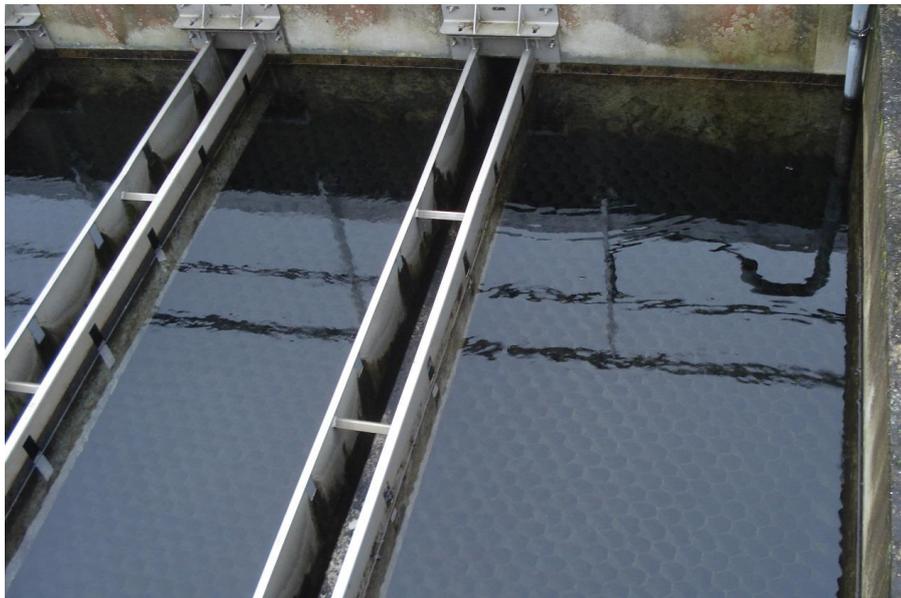
Les polymères vont agglomérer les matières organiques résiduelles en petits « floccs » (floculation). Quant aux lamelles, superposées et disposées obliquement, elles vont constituer autant d'obstacles pour ces particules solides.

L'eau remonte entre les lamelles du bas vers le haut sans aucun problème ; mais les floccs, ralentis, voire arrêtés par ces mêmes lamelles, et plus denses que l'eau, redescendent et tombent au fond du bassin (décantation).

Particules solides qui chutent et eau qui monte circulent donc en sens inverse dans ces **décanteurs lamellaires**. **Un tel dispositif fonctionne à contre-courant.**

Les particules solides décantées seront pompées et traitées comme les boues issues du bassin de décantation.

Quant à l'eau claire qui a franchi l'obstacle, elle est récupérée à la surface du compartiment par des goulottes dans des canaux pour subir l'étape suivante : celle de la filtration sur sable.



**Décanteur lamellaire en « nids d'abeilles » vu de dessus**



**Installation d'un décanteur lamellaire**

## c. Troisième étape : Filtration sur sable monocouche

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

### Etape 6 : Filtration sur sable

L'eau passe sur les filtres à sable afin d'éliminer les dernières traces de matières en suspension, et le manganèse.

Les filtres sont régulièrement lavés par insufflation d'air et d'eau à contre-courant. Ce lavage est géré automatiquement suivant le colmatage du filtre.

Les eaux les plus chargées du lavage sont traitées sur l'usine avec les boîtes.

- Nombre de filtres : 3
- Hauteur de sable : 0,8 m
- Surface : 51 m<sup>2</sup>
- Hauteur d'eau : 1,1 m

Temps de séjour : 30 minutes

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Arzon

Comme l'indique le document ci-dessus, la filtration sur sable a pour but d'éliminer les dernières traces de matières organiques.

**NB : A la station du barrage de Rochereau, la filtration se fait sur sable monocouche.**

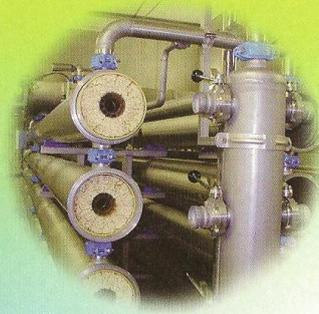
A la sortie des filtres, l'eau peut être considérée comme potable. Mais elle renferme encore des micro-organismes qui ont résisté à l'ozonation et qui n'ont pas été flocculés dans le Carboflux.

L'ultrafiltration va les éliminer.

## d. Quatrième étape : Ultrafiltration sur membrane

Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de **ROCHEREAU**

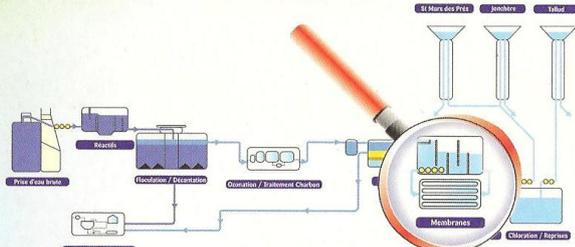
### Etape 7 : Filtration sur membrane



L'ultra-filtration est un procédé de filtration qui consiste à faire passer l'eau à travers un milieu poreux, et élimine toutes les matières en suspension : colloïdes, bactéries, certains virus.

Les membranes utilisées sont des fibres creuses. La fibre est un tube dont les parois sont constituées de pores 10 000 fois plus petits que ceux de la peau humaine.

Débit : 900 m<sup>3</sup>/heure



### 1) Le local pour ultrafiltration



#### Aperçu du local pour ultrafiltration

6 cylindres métalliques disposés verticalement



**Aperçu du local pour ultrafiltration**  
6 cylindres métalliques disposés horizontalement



Le local pour ultrafiltration comprend 2 fois 36 soit 72 cylindres métalliques. Et chaque cylindre renferme 4 **modules**.

Au total, le local pour ultrafiltration comporte donc **288 modules**.

## 2) Le module : unité d'ultrafiltration

- Description et rôle



**Monsieur Douillard nous présente un module vu de profil**



**Un module vu de dessus**



**Coupe transversale d'un module**

Un module est une cartouche cylindrique constituée de longues **fibres creuses et poreuses** d'environ 1 mm de diamètre (exactement 0,8 mm de Ø) pour 1,30 m de longueur, assemblées en faisceaux.

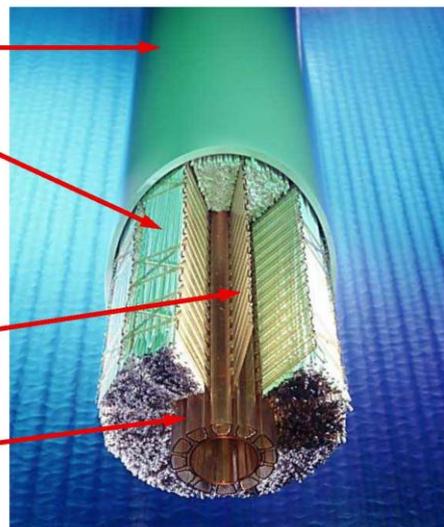
## Concepts – UF XIGA

8" X-Flow UF insert (40 m<sup>2</sup>)

0,8 mm fiber diameter  
max. pore size: 25 nm

Corrugated plates:  
optimal hydrodynamics

Bypass tubes:  
minimal pressure loss in  
housing

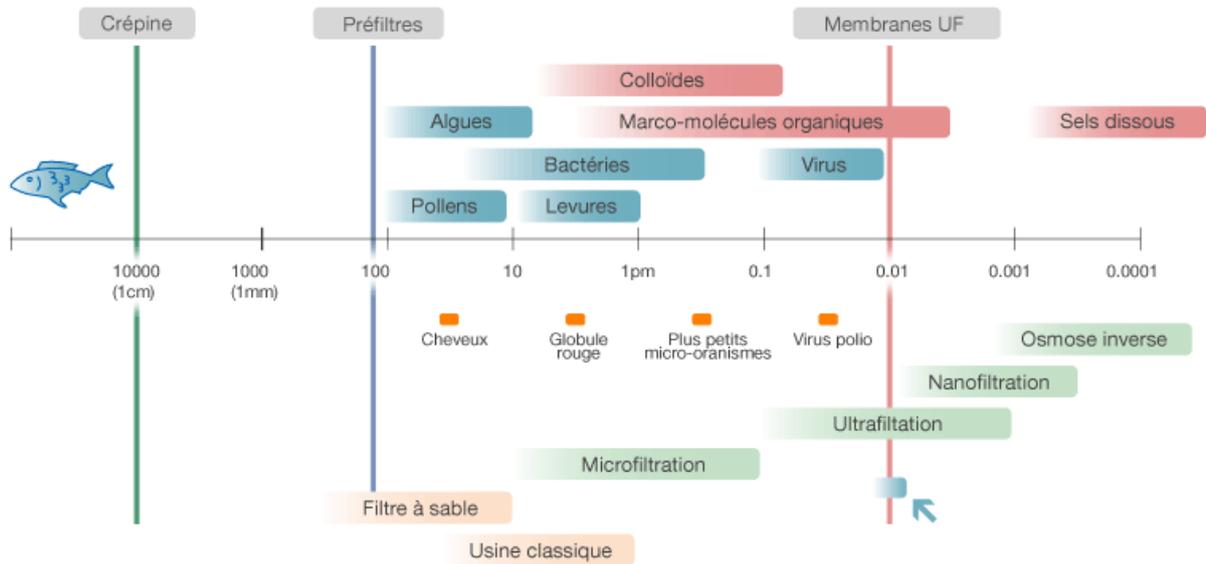


Les pores des fibres sont extrêmement fins. Ils ont un diamètre de 25 nm (c'est-à-dire 10 000 fois plus fins qu'un cheveu humain).

**C'est donc la paroi des fibres du module qui va jouer le rôle de membrane ultrafiltrante.**

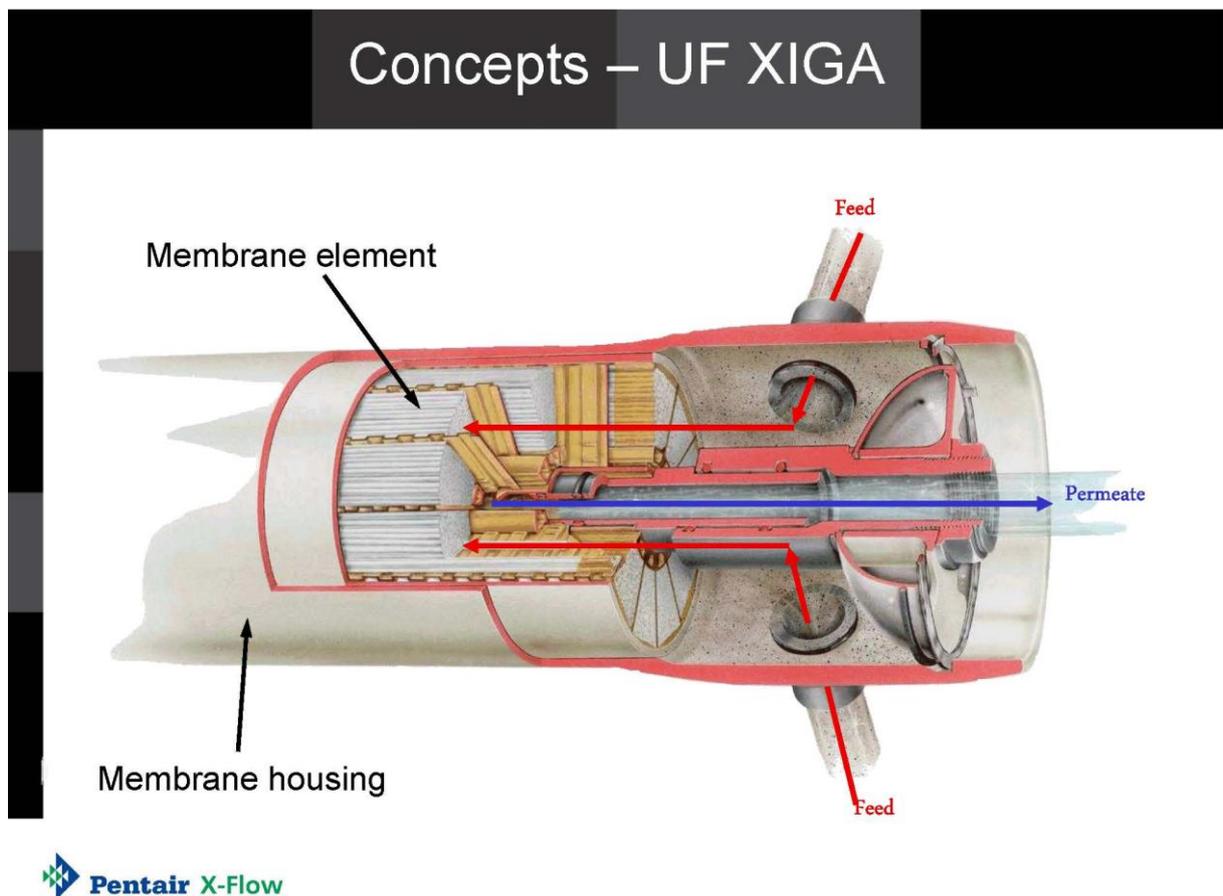
Elle arrêtera systématiquement toutes les particules de taille supérieure à 0,01 µm (seuil de coupure), c'est-à-dire les microbes, virus et bactéries.

L'ensemble des 11 000 ou 15 000 fibres d'un module, selon le modèle, développe une surface estimée respectivement à 40 ou 55 m<sup>2</sup>.



**- Trajet de l'eau dans le module**

L'eau injectée sous pression est d'abord envoyée à l'intérieur des fibres creuses. Là, elle est ultrafiltrée au travers de leurs pores. Puis elle quitte le module par son tube central ; on lui donne alors le nom de **perméat** (voir schéma fonctionnel ci-dessous).



## - Entretien des modules

Avec le temps, l'intérieur des fibres des modules s'encrasse ; un « **gâteau** » se forme.

A intervalles réguliers, on l'élimine par **rétrolavage** en inversant le flux de filtration.

De temps en temps aussi, on procède au nettoyage et à la désinfection des modules par **lavage renforcé** de même sens que le rétrolavage mais utilisant des solutions type lessive avec acides, soude, javel...

Ces produits chimiques n'attaquent pas les fibres ; et leurs rejets se neutralisent mutuellement en formant des sels sans aucun danger pour l'environnement.

<http://www.youtube.com/watch?v=B2OhByRkxeM>

Après ultrafiltration, l'eau est potable et débarrassée de tous germes.

Les derniers traitements consisteront simplement à ajuster son pH et sa minéralité.

## e. Dernière étape : Ajustement du pH et de la minéralité de l'eau potable

Une fois potabilisée, l'eau destinée à la consommation humaine doit être **mise à l'équilibre calco-carbonique** avant sa distribution dans le réseau afin d'éviter les problèmes de corrosion.

Elle est mise à l'équilibre par un **traitement de neutralisation de l'excès de CO<sub>2</sub> agressif** (qui peut attaquer les bétons du Génie civil) par injection de chaux, de soude ou de carbonate de sodium.

*NB : A la station du barrage de Rochereau, on injecte de la soude.*

Le CO<sub>2</sub> réagit alors avec ce composé pour donner de l'hydrogénocarbonate de sodium soluble selon la réaction :



Le pH et l'alcalinité de l'eau augmentent alors (pH amené à l'équilibre soit au voisinage de 7,5). En revanche, sa dureté n'augmente pas puisque l'on utilise du sodium et non du calcium.

Si la neutralisation de l'excès de CO<sub>2</sub> agressif par la soude conduit à un pH trop élevé, on doit alors procéder à une **reminéralisation de l'eau**. La reminéralisation est en fait une recarbonatation de l'eau par ajout de CO<sub>2</sub> et de chaux.

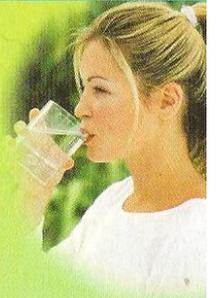
L'hydrogénocarbonate de calcium soluble qui se forme :



pourra précipiter dans les canalisations pour les recouvrir d'un enduit protecteur de carbonate de calcium et de fer (action entartrante).

**Du chlore est également ajouté en désinfection finale.**

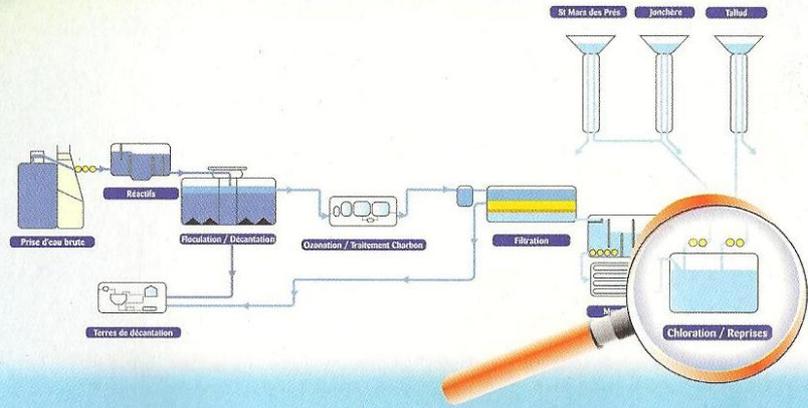
## Etape 8 : Chloration



### L'ajout de chlore

L'ajout de chlore dans cette bache d'eau traitée est la dernière étape de la désinfection.

Le chlore a une action durable dans le temps et il élimine les bactéries, contrairement à l'ozone, ce qui permet de distribuer une eau conforme aux normes en vigueur même après un long trajet dans les canalisations.



L'eau est finalement envoyée dans le réseau.



## C. Le stockage de l'eau traitée

**Filière de traitement de l'usine de production d'eau potable de ROCHEREAU**

### Etape 9 : Stockage de l'eau traitée

L'eau traitée est envoyée grâce à des pompes vers 3 réservoirs de stockage.

Ces ouvrages sont :

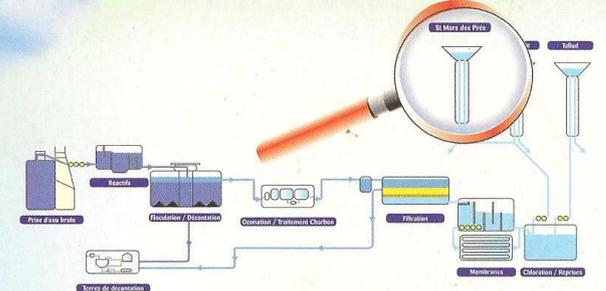
- Le château d'eau du Tallud d'une contenance de 2000 m<sup>3</sup>  
Ce réservoir est alimenté par 2 groupes de pompes de 200 et 400 m<sup>3</sup>/heure
- Le château d'eau des Herbiers (La Jonchère) d'une contenance de 3 000 m<sup>3</sup>
- Le château d'eau de St Mars des Prés d'une contenance de 3 000 m<sup>3</sup>

Ces 2 réservoirs sont alimentés par 2 groupes de pompes de 300 et 400 m<sup>3</sup>/heure.

Ces réservoirs alimentent ensuite les habitations gravitairement.

**Production en eau de l'usine de Rochereau : en moyenne 10 000 m<sup>3</sup>/jour avec des pointes de 16 000 m<sup>3</sup>/j**

**Population desservie : 55 000 personnes**



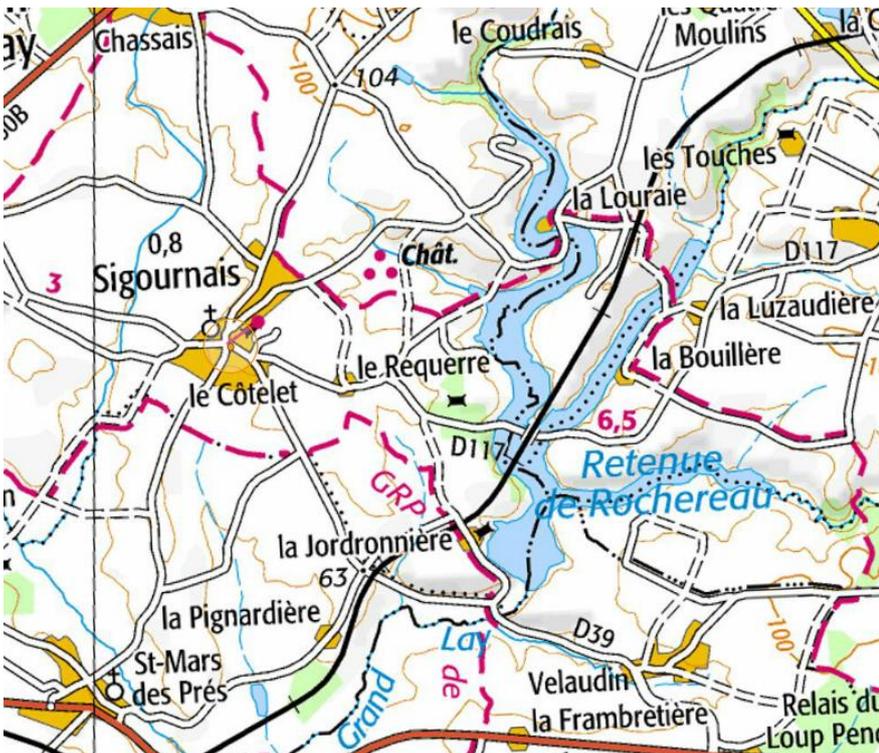
The diagram illustrates the water treatment process. It starts with 'Prise d'eau brule' (raw water intake), followed by 'Réactifs' (chemicals), 'Filtration / Décantation' (filtration/decantation), 'Oxydation / Traitement Chlore' (oxidation/chlorination), 'Filtration' (filtration), 'Membres' (membranes), and 'Chloreux / Répand' (chlorination/distribution). A magnifying glass highlights the 'St Mars des Prés' reservoir. Other components include 'Tours de décazotation' (de-aeration towers) and 'Tibou' (aeration tank).

**Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Arzon**

<http://www.vendee-eau.fr/module-Contenus-viewpub-tid-2-pid-43.html>

## III. Le barrage de Rochereau (avec la participation de Gilles BRESSON)

### A. Situation



Établi sur le Grand Lay, en amont du barrage de l'Angle-Guignard.

Superficie du bassin versant à l'amont du barrage : 208 km<sup>2</sup>.

Retenue de 127 ha représentant un volume d'eau stocké de 5,1 millions de m<sup>3</sup>.

Apport d'eau annuel moyen : 60 millions de m<sup>3</sup>.

Année de mise en service : 1981.

Bâti sur un socle constitué de métarhyolites (ou métaignimbrites) de l'Ordovicien inférieur.



**Méta-rhyolites ou méta-ignimbrites d'âge Ordovicien inférieur formant le socle du barrage**

## B. Usages de l'eau stockée

Production d'eau potable, irrigation, soutien d'étiage, énergie électrique (2 turbines de 500 kw chacune).

Débit restitué à la rivière : 44 L/s.

**Le bassin versant et le barrage de ROCHEREAU**

**Le bassin versant**

- Environ 16 000 habitants (dont 5000 en assainissement autonome)
- Environ 270 agriculteurs
- 17 communes concernées
- Pollutions observées : nitrates en saison hivernale, pesticides entre mars et octobre et eutrophisation (développement d'algues important provoqué par les phosphates) pendant l'été.
- Un paysage de bocage

**Le barrage**

- Barrage de type « poids »
- Longueur : 150 m et hauteur : 21 m
- Les usages de l'eau :
  - Alimentation en eau potable
  - Irrigation
  - Régulation hydraulique
  - Loisirs (pêche, voile)
- Créé en 1980

**La retenue**

- Capacité : 5 100 000 m<sup>3</sup> d'eau
- Surface : 127 hectares
- Cours d'eau alimentant la retenue : Le Grand Lay, ruisseau de la Maine et ruisseau des Touches
- Surface du bassin versant : 20 500 hectares

Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable des Sources de l'Akkonon

## C. Caractéristiques techniques du barrage

**Barrage poids** en béton. Un barrage poids est un barrage dont la propre masse suffit à résister à la pression exercée par l'eau.

Hauteur totale du barrage : 21 m dont 19 au-dessus des fondations.

Longueur en crête : 145 m

Formé de 14 plots adjacents indépendants les uns des autres : 12 plots de 11 m de longueur chacun et 2 plots d'extrémité ancrés dans le rocher rhyolitique.

Étanchéité entre les plots assurée uniquement en amont.

Volume total de béton mis en œuvre : 17 500 m<sup>3</sup>.



**Barrage vu de l'aval**

Le découpage en plots est visible extérieurement.

## D. Dispositifs de contrôle du barrage

### 1. Dans la galerie

- **1 drain tous les 5 m** avec dispositif de mesure du débit.

A l'origine, les drains sont mis en place pour faire baisser les pressions interstitielles derrière la paroi étanche de l'ouvrage. Ce sont des tubes crépinés et équipés de filtres qui évacuent l'eau contenue dans le corps de l'ouvrage. Grâce au débit de ces derniers, il est possible d'avoir une idée de l'efficacité de la paroi étanche du barrage.

- **20 piézomètres** disposant chacun d'une cellule de pression (capsule de cuivre fritté) installée dans le rocher sous l'ouvrage, relié par deux tubes à deux manomètres pour la mesure des sous-pressions.



### Appareil de mesure des sous-pressions

Il s'agit de manomètres pour mesurer les sous pressions dans le rocher sous le barrage et de vérifier ainsi l'effet des drains

#### ➤ 12 vinchons



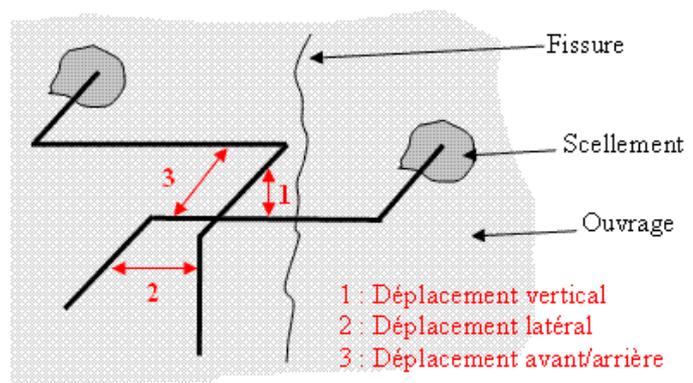
#### ◀ Vinchons ou fissuromètres fixés sur la paroi aval du barrage à cheval sur deux plots adjacents (12-13)

Les plots sont identifiés par des numéros figurant en haut du cliché.

En bas, le tuyau est un drain pour évacuer les sous pressions sous le barrage en aval du voile d'étanchéité afin de renforcer son poids

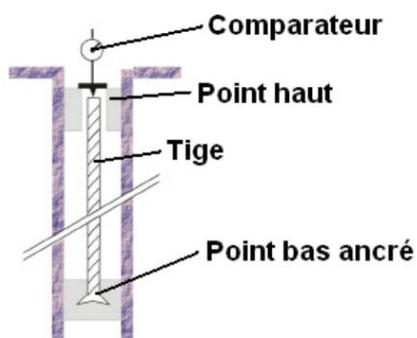
Le **vinchon** (du nom de son inventeur) ou **fissuromètre** est un instrument de mesure constitué de deux pièces métalliques scellées sur deux surfaces adjacentes ou de part et d'autre d'une fissure. Il permet de mesurer les déplacements relatifs des deux surfaces adjacentes ou la variation d'écartement de la fissure dans les trois directions orthogonales :

- déplacement vertical (glissement)
- déplacement latéral (ouverture)
- déplacement avant-arrière (rejet)



Les mesures se font au pied à coulisse avec une précision de lecture au  $1/10^{\text{ème}}$  de mm. Certains vinchons sont télémésurés, les mesures sont alors faites à l'aide de bobines électriques.

➤ **3 extensomètres** implantés en amont dans le rocher



Généralement utilisés dans les fondations ou dans le terrain naturel, les extensomètres permettent de mesurer les tassements et étirements entre deux points du milieu suivi.

Le principe de fonctionnement est assez basique.

Une tige inox est ancrée au rocher. Sa partie supérieure est reliée à un repère fixé au barrage. Un comparateur placé au-dessus du point haut de la tige permet de mesurer le déplacement du barrage par rapport au rocher.

◀ **Schéma de fonctionnement d'un extensomètre**

## 2. Sur la crête du barrage



Gilles BRESSON, hydrogéologue de la Vendée et membre de l'AVG en pleine explication.

Sous son coude, un repère implanté hors barrage.



**Repère placé sur la crête pour mesurer le jeu du barrage**

➤ **1 repère installé sur chaque plot**

Ce repère est constitué par une plaque en bronze scellée au sol avec 3 trous coniques pour la mise en place d'une mire verticale avec dispositif de réglage horizontal à vis de l'alignement lors de la visée par une lunette installée sur un plot implanté hors du barrage.

Ce dispositif permet de vérifier ainsi le déplacement absolu de chaque plot en tête de barrage.

**Documents et sites internet consultés :**

Documents personnels de Gilles BRESSON sur le Barrage de Rochereau

<http://www.vendee-eau.fr/>

<http://observatoire-eau.vendee.fr//eaux-domestiques/eau-potable.htm>

<http://fr.slideshare.net/deivanayagampillai/general-presentation-uf>

**Hendrik Vreken**