

A close-up photograph of water splashing into a clear glass, creating a dynamic splash with white foam and droplets. The background is a soft, out-of-focus blue sky with light clouds. The image is overlaid with a dark blue curved shape at the bottom.

Eau potable: traitement et qualité d'eau

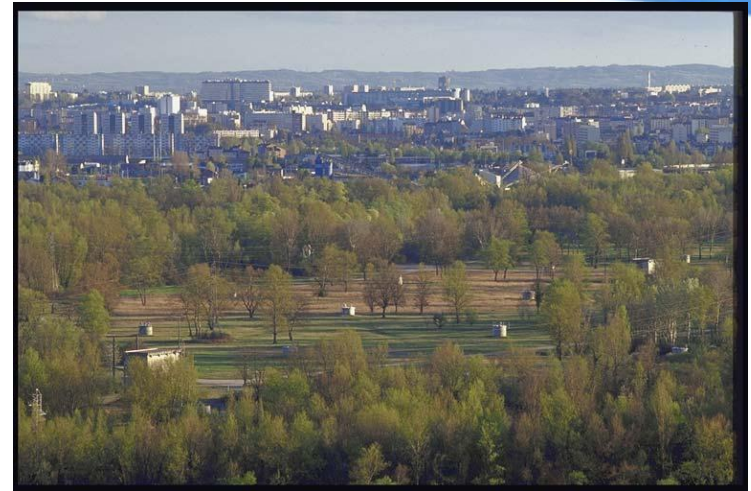
Marina Salvadori
Veolia Eau
9 Décembre 2010



L'eau potable : du milieu naturel au robinet

Les grandes étapes:

- Prélever l'eau dans le milieu naturel
- Traiter l'eau pour la rendre potable
- Acheminer et stocker l'eau traitée
- Distribuer l'eau au consommateur



Le cycle de l'eau



Prélever l'eau dans le milieu naturel

● **Eaux souterraines - nappes phréatiques: par pompage**

- Absence de lumière,
- Non renouvellement de l'oxygène,
- Filtration dans des terrains poreux
 - ↪ **Charge importante en éléments minéraux**
 - ↪ **Peu de particules en suspension**
 - ↪ **Peu ou pas de bactéries aérobies**
 - ↪ **Bactéries anaérobies**
 - ↪ **Ammoniaque et sulfures (réduction des nitrates, des sulfates)**
 - ↪ **Ions ferreux et manganéux (réduction des sels ferriques et manganiques)**
 - ↪ **Température constante : 12 à 15°C (plus pour les nappes très profondes)**



Prélever l'eau dans le milieu naturel

● **Eaux de surface: lac, rivières, fleuves, mer: par prélèvement en surface**

- Présence de lumière
- Présence d'oxygène
- Alimentation par les eaux de ruissellement
 - ↳ Charge moins importante en éléments minéraux
 - ↳ Présence d'argile et d'acides humiques (turbidité,
 - ↳ Vie animale : bactéries → animaux évolués
 - ↳ Vie végétale : algues → arbres
 - ↳ Matières organiques
 - ↳ Température variable



Prélever l'eau dans le milieu naturel

● Protection de la ressource:

- Stations d'alerte: contrôle de la qualité d'eau en amont du pompage
- Périmètres de protection
 - Immédiat: toute activité y est interdite, Il est acquis en pleine propriété et clôturé.
 - Rapproché:
 - Certaines activités sont autorisées à l'intérieur.
 - Les activités susceptibles d'entraîner une dégradation de la qualité de l'eau y sont interdites.
 - Eloigné:
 - Certaines activités sont réglementées à l'intérieur
 - Périmètre défini en fonction de la topographie et de la géologie de la région.

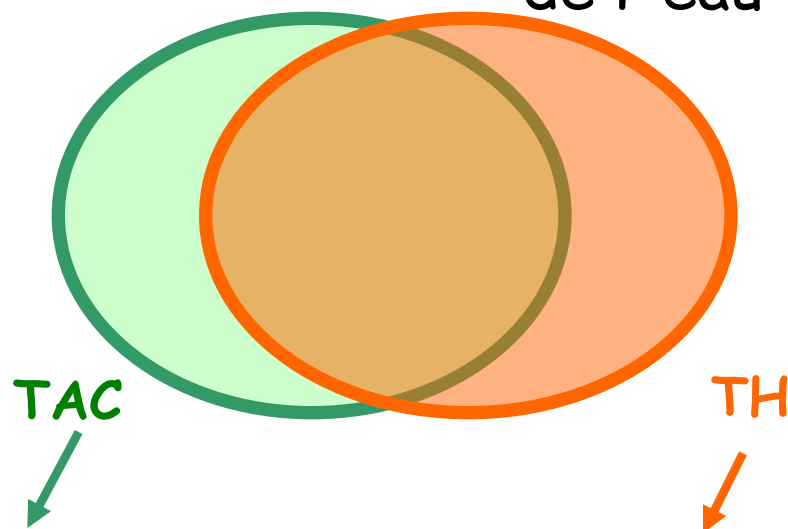
Les principaux paramètres de qualité d'eau

- Organoleptiques
 - Couleur, Odeur, Saveur
- Physico-chimiques :
 - Conductivité, pH, Oxygène dissous . . .
- Substances indésirable
 - Nitrates (< 50 mg/l), Ammonium (0,1 mg/l), Fer , Manganèse . . .
- Substances toxiques
 - Plomb (<10 microg/l), Arsenic, Cyanures . . .
- Pesticides (<0,10 microg/l, <0,50 microg/l au total)
- Microbiologiques :
 - Escherichia.coli (0/100 ml))
 - Entérocoques (0/100 ml)
 - Coliformes, Bactéries sulfite-réductrices

L'équilibre calco-carbonique

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Dureté et minéralisation de l'eau



De 0 à 15: eau douce

De 15 à 42: eau dure

> 42: eau très dure

Titre Alcalimétrique Complet :

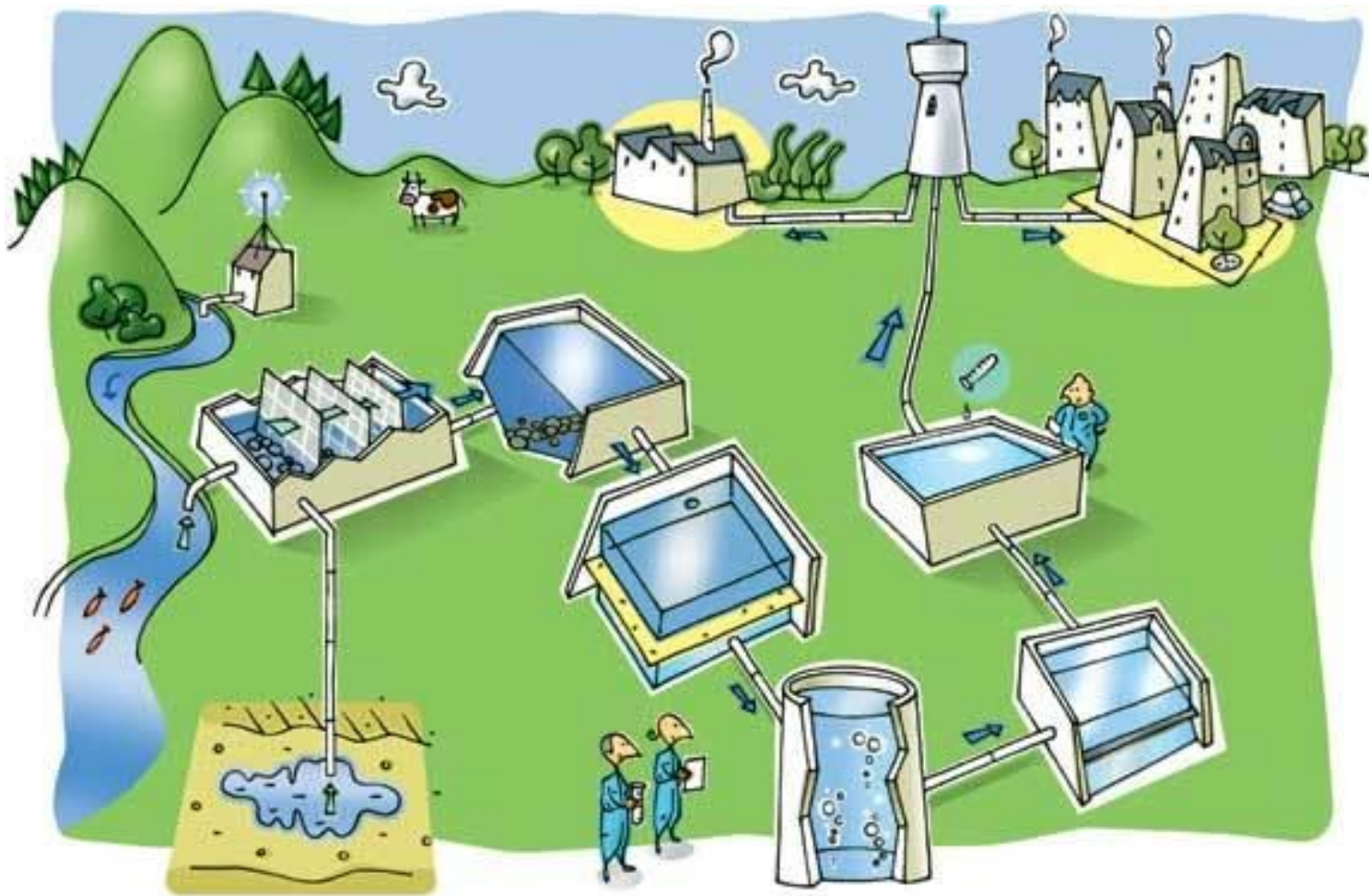
les carbonates et hydrogénocarbonates de calcium, magnésium et sodium

Titre Hydrotimétrique :

sels de calcium et de magnésium: dureté de l'eau

Les étapes de la production d'eau potable

De l'eau prélevée à l'eau potable



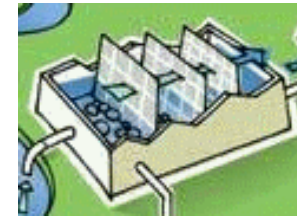
Les étapes de la production d'eau potable

Les grandes étapes de traitement:

● Dégrillage et tamisage:

- Filtration à travers une grille (feuilles, insectes...)
- Puis tamis à maille fine (déchet < 1 mm)

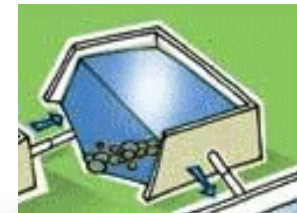
Dégrillage et tamisage



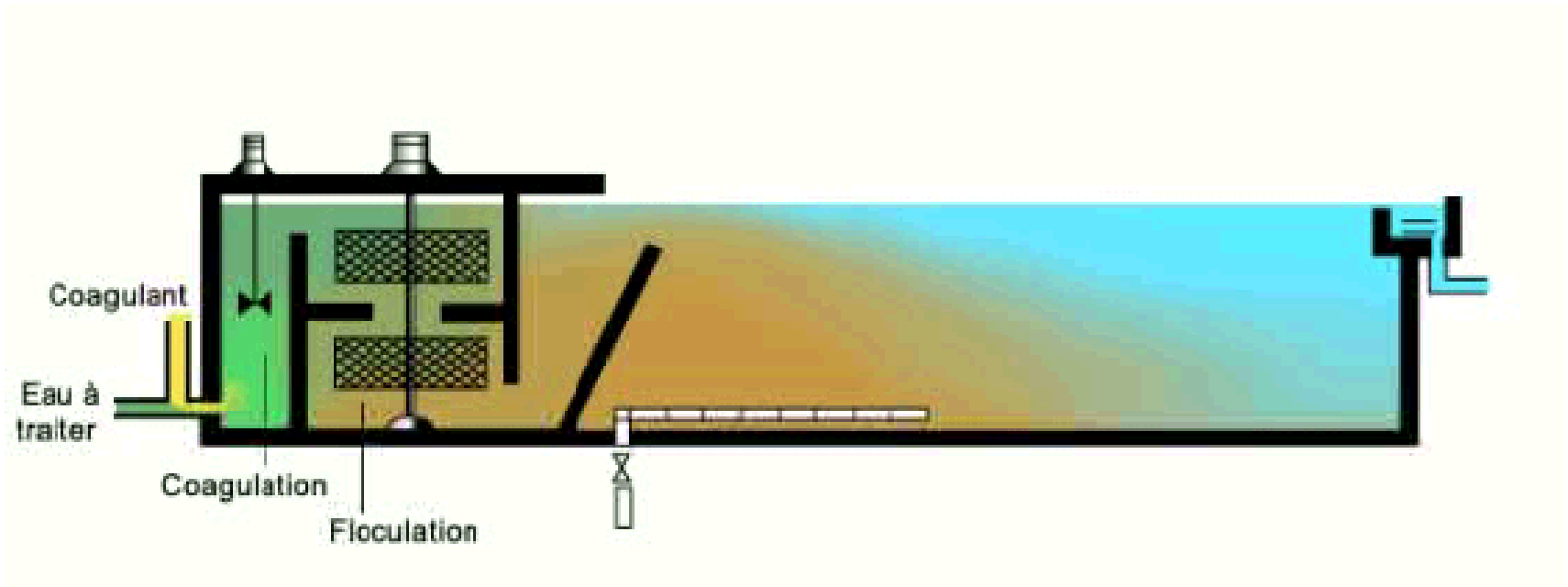
● Flocculation et décantation

- Ajout coagulant
- Création de flocons (poussières, particules de terre, etc.).
- Dépôts au fond du bassin de décantation: 90 % des matières en suspension éliminées.

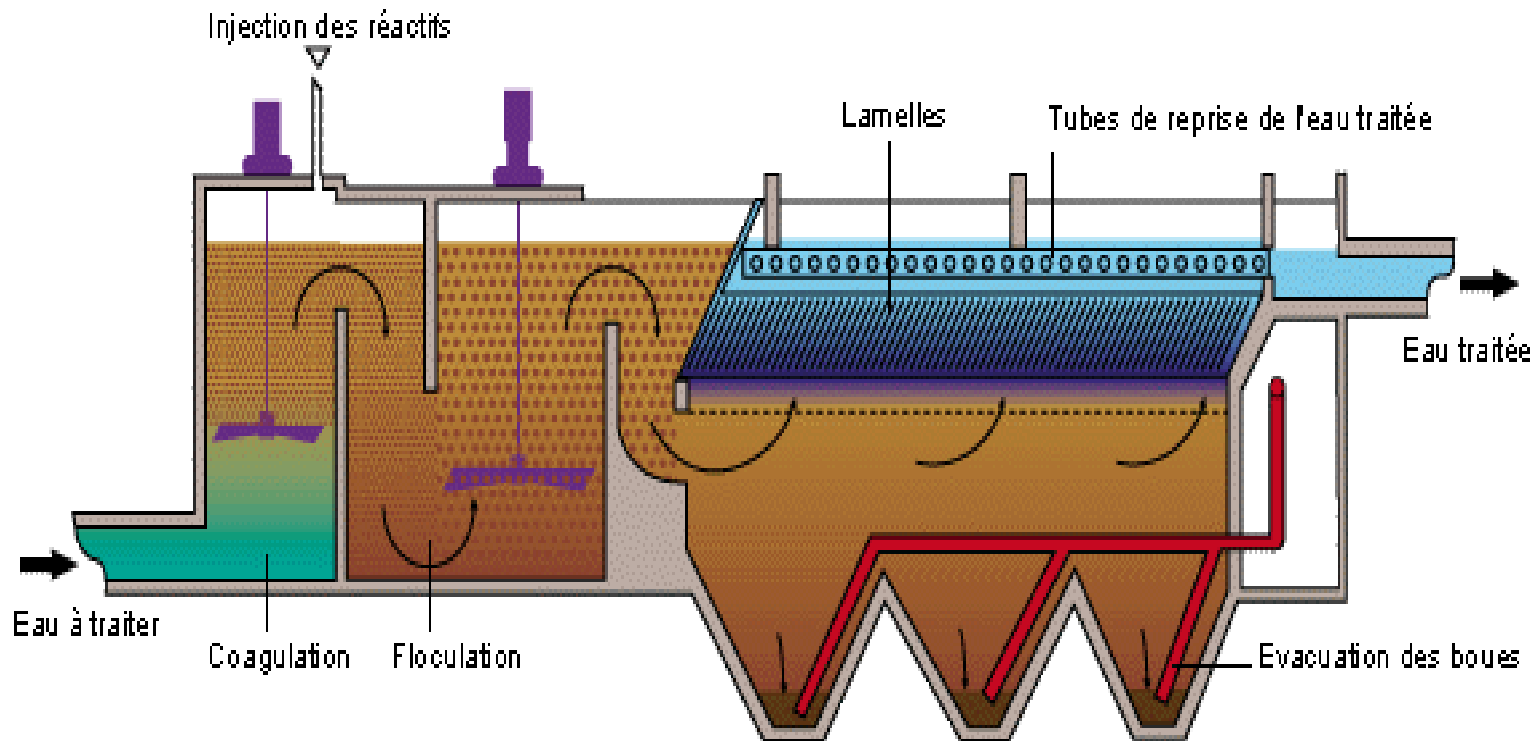
Flocculation et décantation



Le décanteur couloir



Le décanteur lamellaire : le multiflo



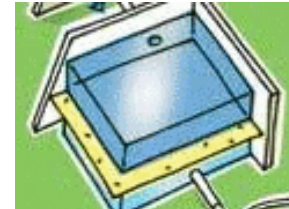
Les étapes de la production d'eau potable

Les grandes étapes de traitement:

● Filtration

- L'eau traverse un filtre: lit de sable fin.
- Elimine les matières encore visibles à l'oeil nu.

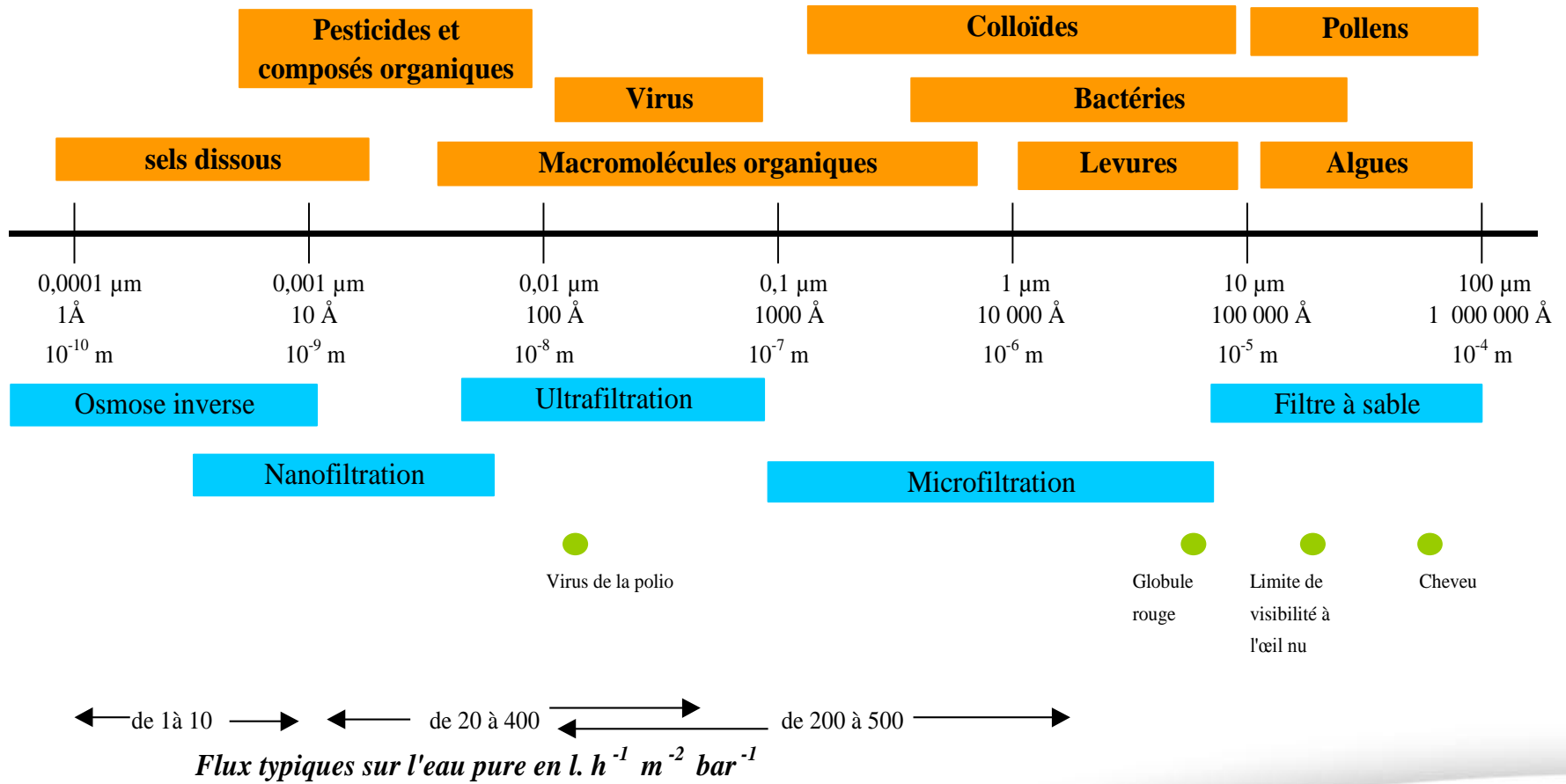
Filtration



● Type d'ouvrage:

- Monocouche
- Plusieurs couches superposées: bicouches ou multicouches: sable-anthracite, sable-charbon actif en grain.

Le pouvoir de coupure



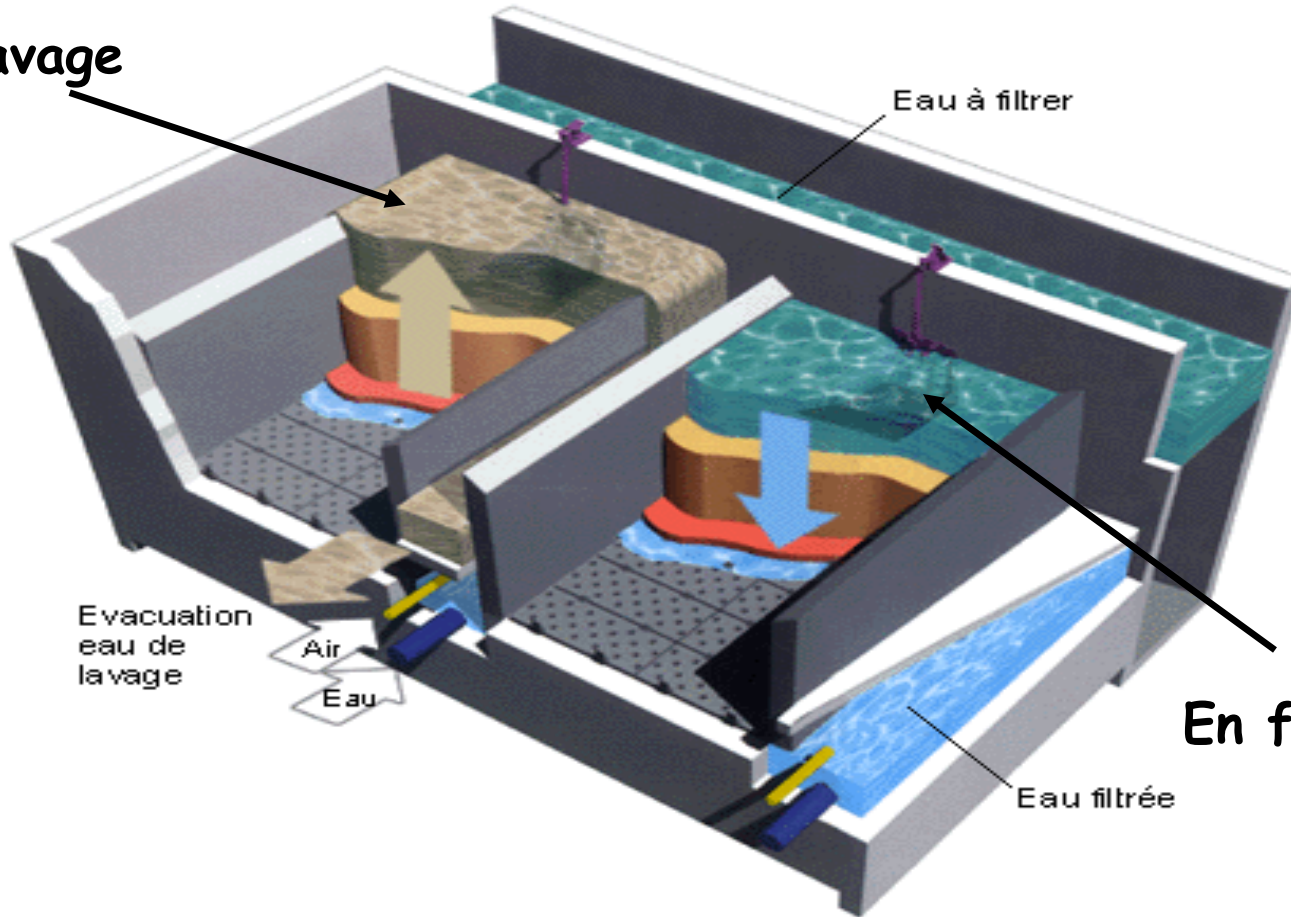
Zoom filtration

Caractéristiques d'une bonne filtration:

- La vitesse de filtration (de 5 à 12 m/h)
- La taille des grains du matériau (Granulométrie)
- La hauteur de la masse filtrante
- Le mode d'alimentation
- Le système de régulation
- Les séquences de lavage

Zoom filtration

En lavage



Eau à filtrer

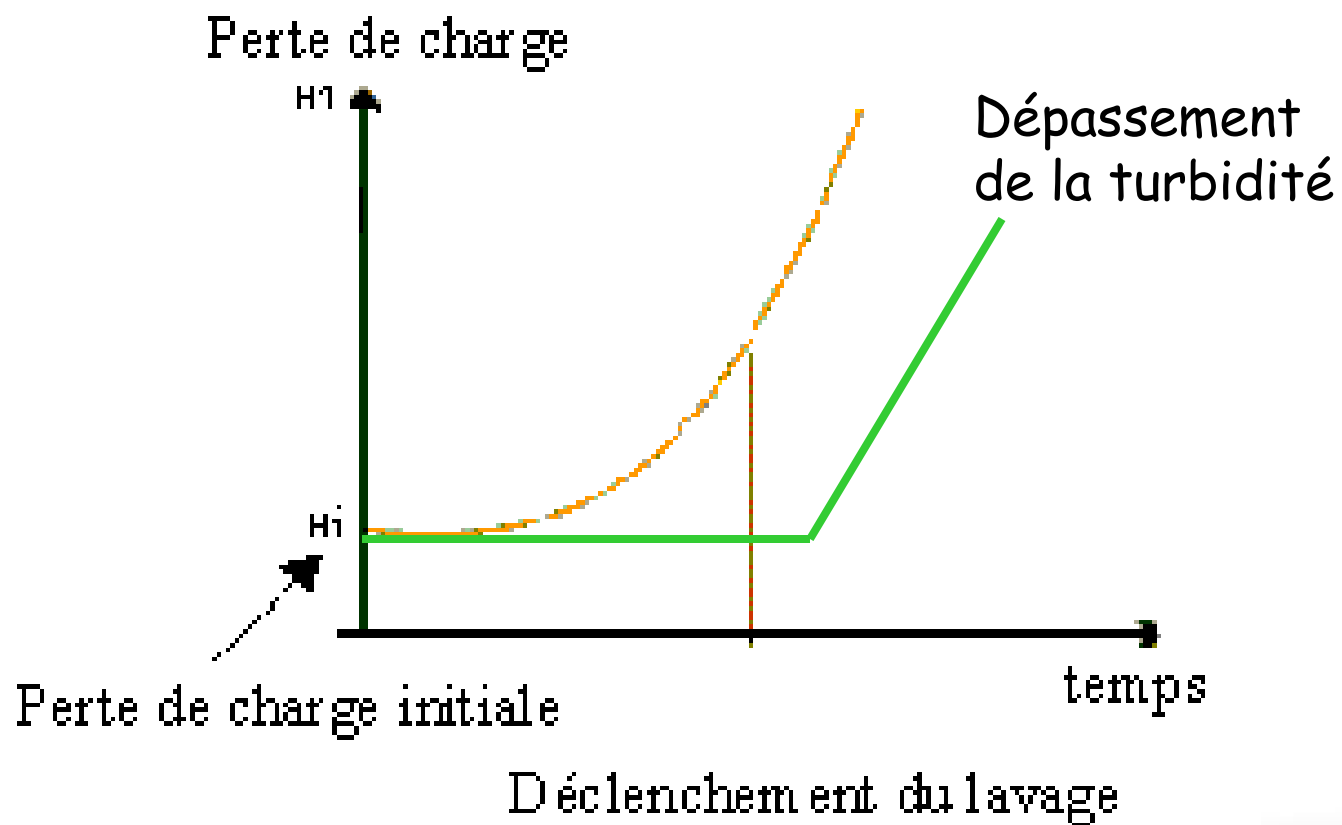
Evacuation
eau de
lavage

Air
Eau

En filtration

Eau filtrée

Evolution de la perte de charge



Séquence de lavage d'un filtre à sable

1ère phase ⇒ Détassage à l'air

Débit d'air croissant 40 à 60 m³/h/m² de filtre : 2 minutes

2ème phase ⇒ Lavage air et eau

Air à grand débit : 40 à 60 m³/h/m² de filtre

Eau à petit débit : 5 à 10 m³/h durant 5 à 15 minutes
(temps déterminé en fonction de l'expérience).

- Piéger les particules accrochées dans les grains

3ème phase ⇒ Rinçage à l'eau

Grand débit : 20 à 25m³/h par m² de filtre jusqu'à eau claire,
pendant 5 à 10 minutes.

- Evacuer les particules décrochées

Séquence de lavage d'un filtre bicouche

1ère phase ⇨ Abaissement du plan d'eau jusqu'à 5 à 10 cm

2ème phase ⇨ Détassage à l'air environ de 50 à 60 m³/h par m²

3ème phase ⇨ Lavage air et eau

Air à grand débit : 30 à 60 m³/h/m² de filtre

Eau à petit débit : 5 à 10 m³/h durant 5 à 10 m³/h par m²
jusqu'à remontée du plan d'eau à -15cm du déversoir

4ème phase ⇨ Dégazage : 1 à 2 mn

5ème phase ⇨ Rinçage à l'eau

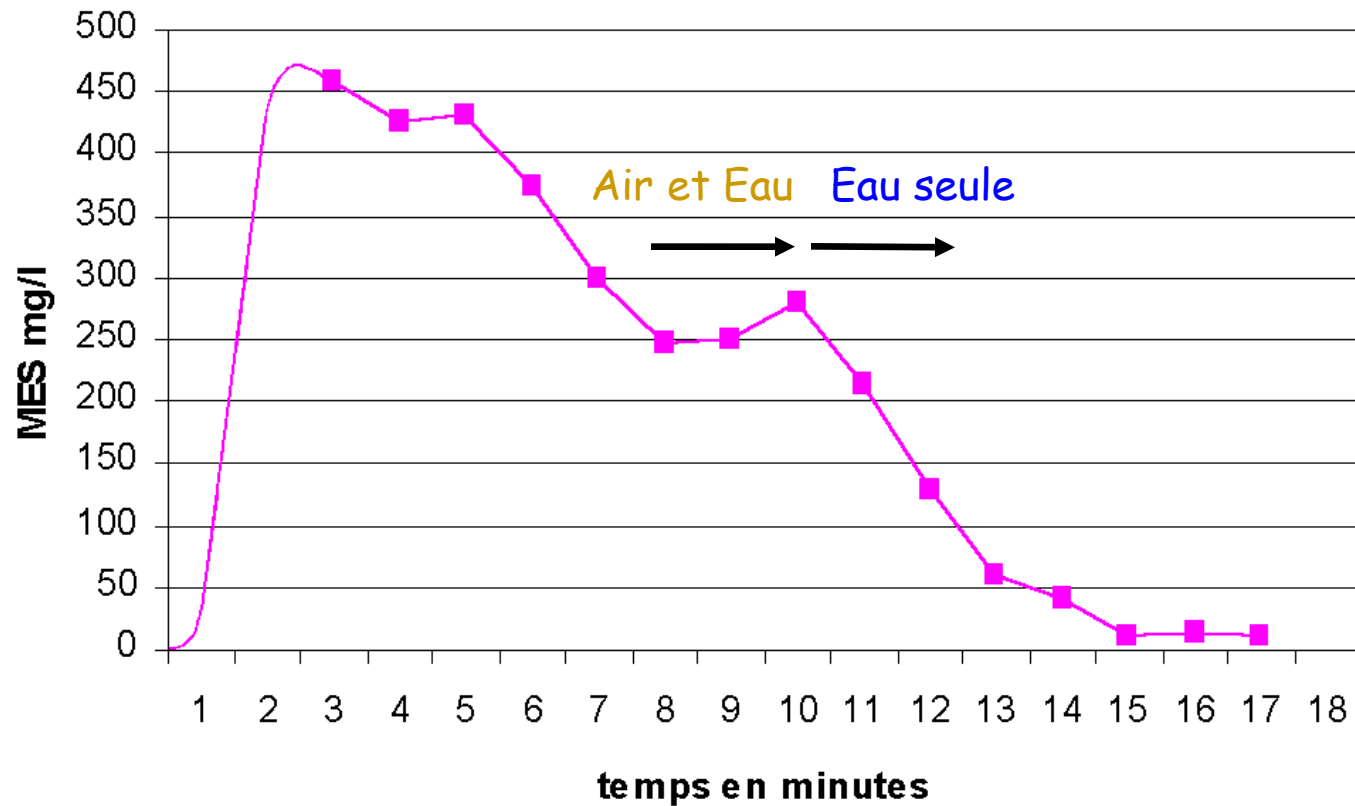
Grand débit : 40 à 60 m³/h par m²

parfois suivi d'un Petit débit : 20 m³/h durant 5 à 10 minutes.

• reclassement des matériaux

Zoom filtration

Mesure des MES dans l'eau de lavage



Zoom filtration

Paramètre de contrôle à retenir:

- **La perte de charge :**

- Permet de suivre l'évolution des pressions au cours d'un cycle. (pas linéaire).

- **La turbidité ou le comptage de particules en sortie de chaque filtre :**

- Permet une approche plus fine de la détermination de la fin du cycle de filtration par décrochage de la turbidité.

- **Les séquences de lavage :**

- Vérification du bon déroulement du lavage du filtre,
- Vérifier le bon retour à la perte de charge initiale après lavage.

Les étapes de la production d'eau potable

Les grandes étapes de traitement:

● Ozonation

- Action bactéricide et antivirus.
- Actions sur les matières organiques en les cassant en morceaux
- Amélioration également de la couleur et de la saveur de l'eau.

Ozonation

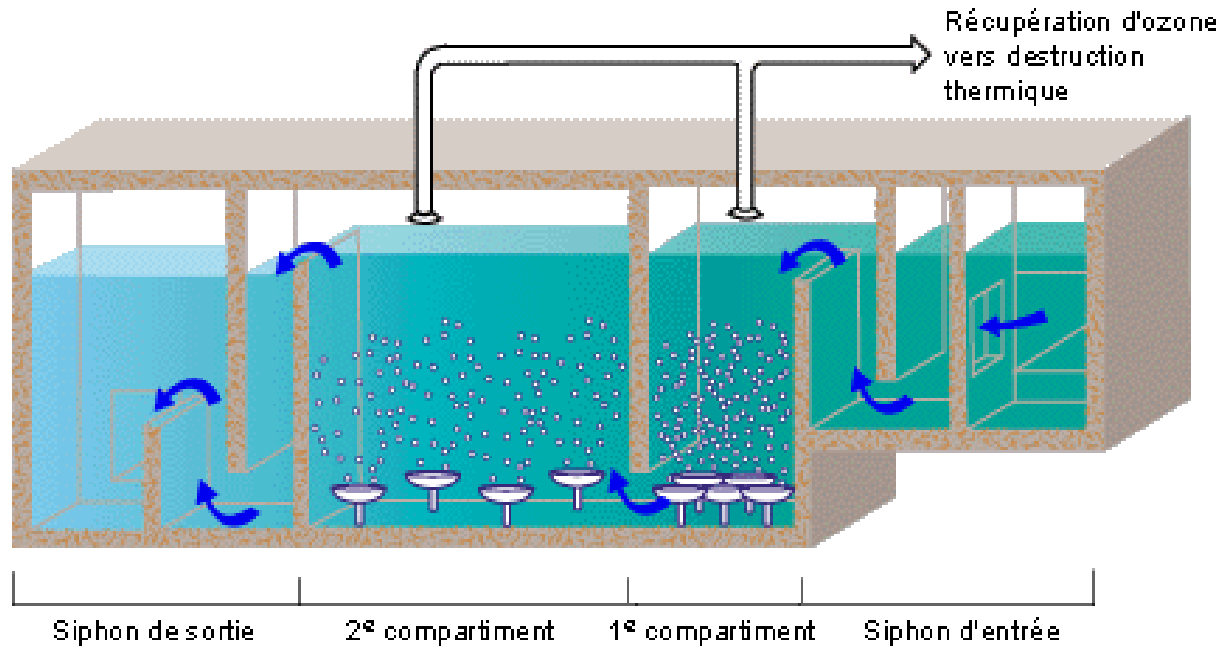


- Avantages:
- + Très bonne efficacité
 - + Destruction rapide des germes
 - + Diminution de la formation des THMT
 - + Traite les goûts et les odeurs



- Inconvénients:
- Formation de sous produits (Bromates)
 - Couplage avec un filtre charbon

Filière d'Ozonation

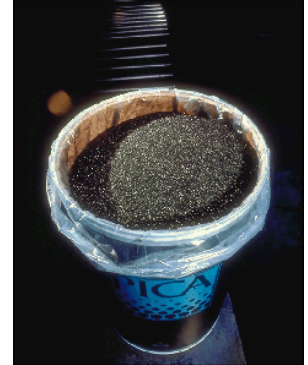


Les étapes de la production d'eau potable

Les grandes étapes de traitement:

● Filtration sur charbon actif:

- Action sur les micropolluants, comme les pesticides.
- Consommation en partie de la matière organique cassée par l'ozone



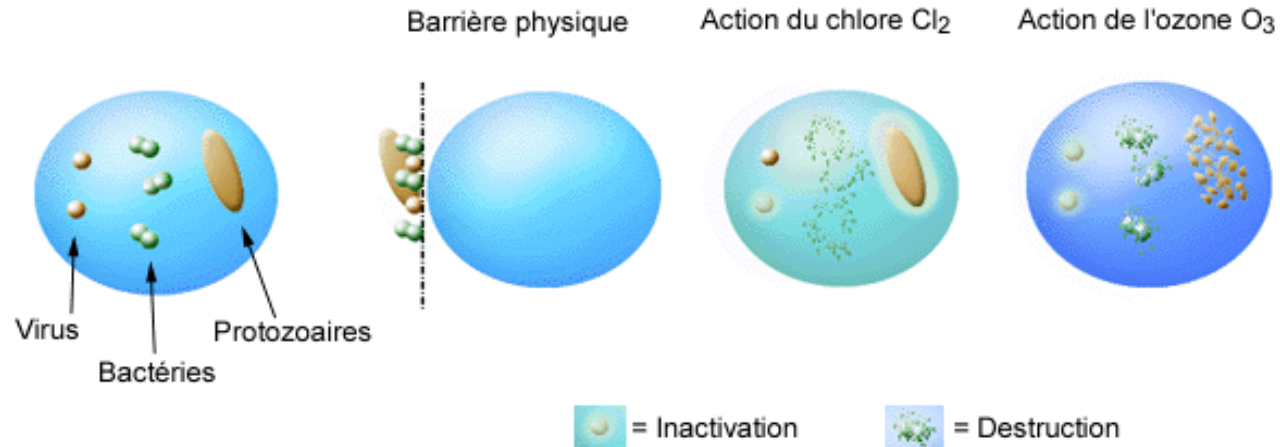
● Chloration

- Ajout de chlore en sortie usine et sur le réseau
- Evite le développement de bactérie
- Maintien la qualité de l'eau: pouvoir de rémanence.

Chloration



Zoom désinfection



Désinfection physique

Traitements	Efficacité
Coagulation, floculation, décantation	+
Coagulation, filtration	++
Coagulation, floculation, décantation, filtration	+++
Procédés membranaires après pré-traitements	++++

Désinfection chimique

Critères d'utilisation des désinfectants					
Action	Paramètres d'utilisation	Chlore (Cl ₂) et hypochlorites	Dioxyde de chlore (ClO ₂)	Ozone (O ₃)	Monochloramine
Bactéricide	Résiduel	0,1 à 0,2 mg/l	0,1 à 0,2 mg/l	0,1 à 0,2 mg/l	1 mg/l
	Temps de contact	10 à 15 min	10 à 15 min	1 à 2 min	100 min
Virulicide	Résiduel	0,3 à 0,5 mg/l	0,3 à 0,5 mg/l	0,4 mg/l	Pas d'action
	Temps de contact	30 à 45 min	30 min	4 min	Pas d'action

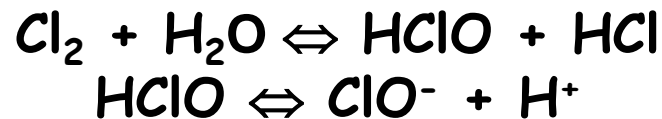
Zoom désinfection

Désinfection chimique

Efficacité des désinfectants

Effet	Cl ₂	ClO ₂	O ₃	Chloramines	Rayons UV
Bactéricide	++	++	+++	+	++
Rémanent	+	+	0	++	0

Le Chlore



Chlore total = **chlore libre** + chlore combiné (NH_2Cl , NHCl_2 , NHCl_3)
(monchloramine...)

Cl_2 libre actif



acide hypochloreux HClO

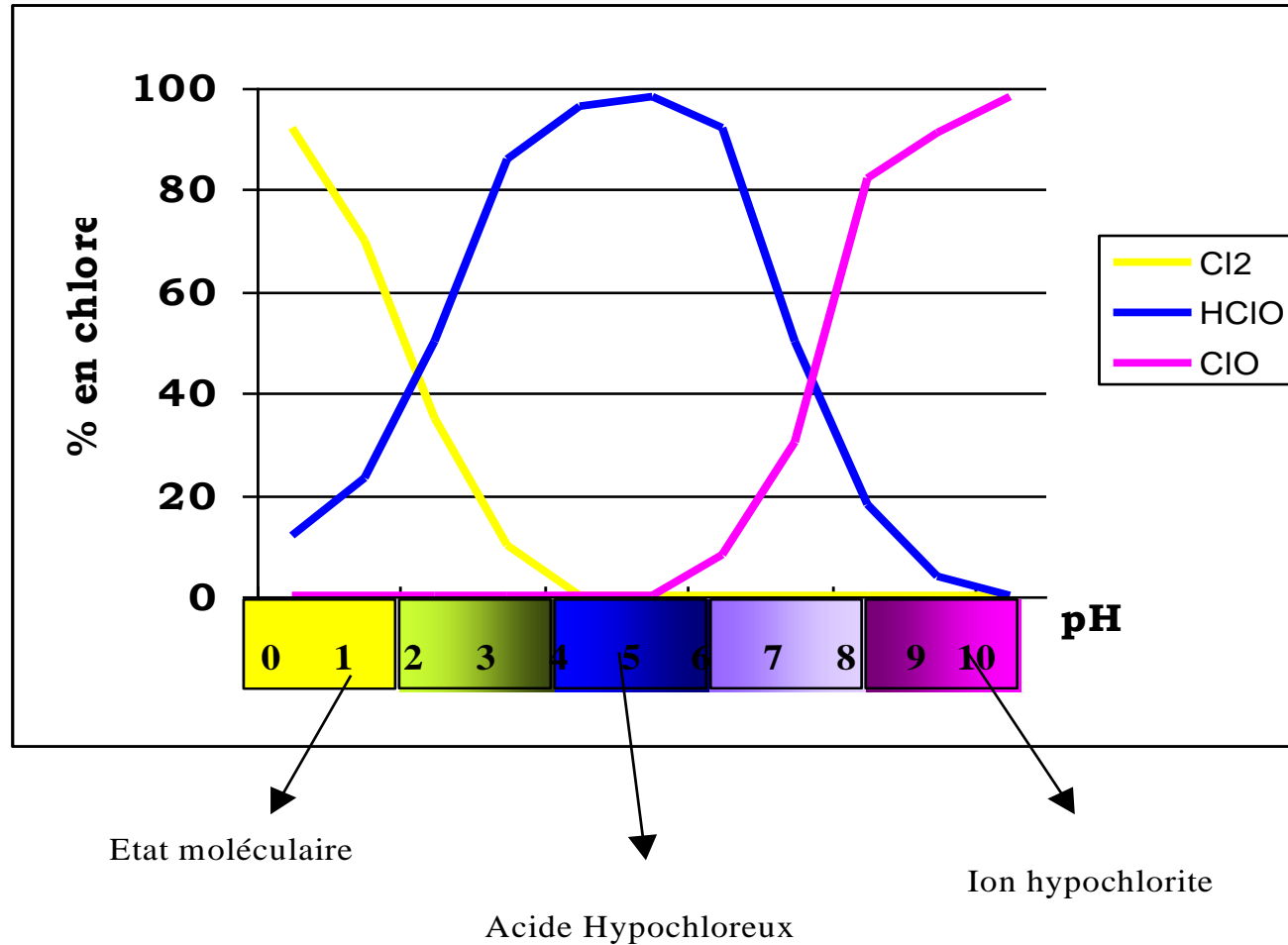
Cl_2 libre potentiel



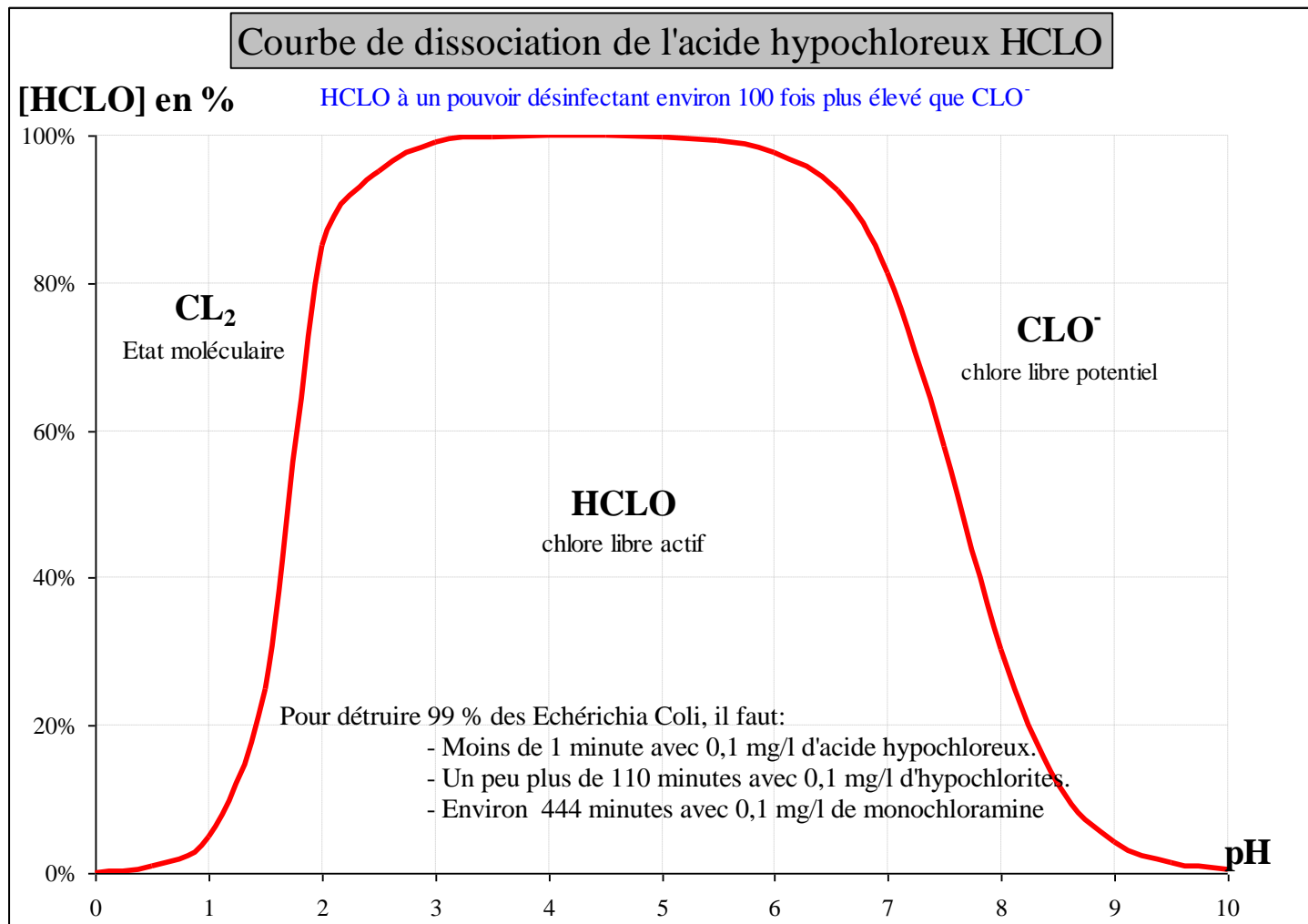
ion hypochlorite ClO^-

Le Chlore

Influence du pH

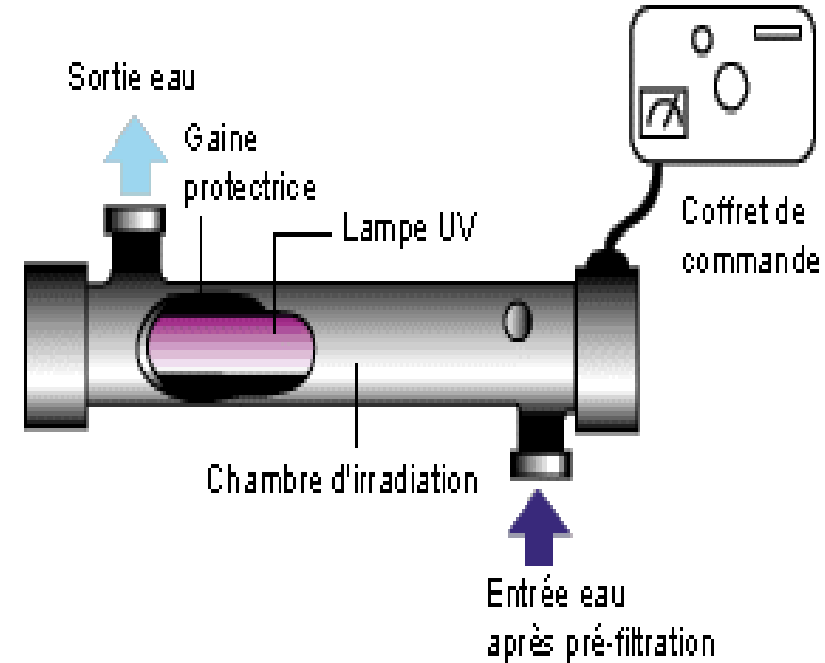
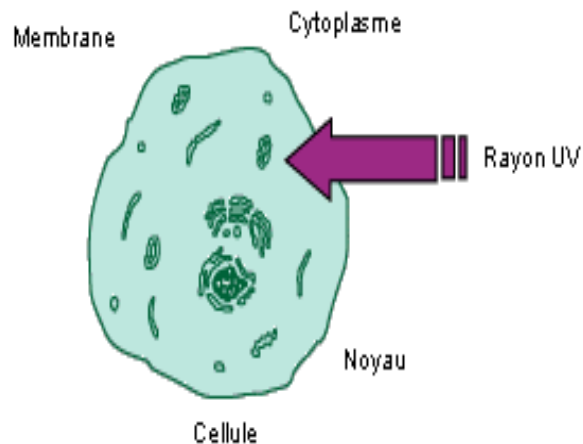
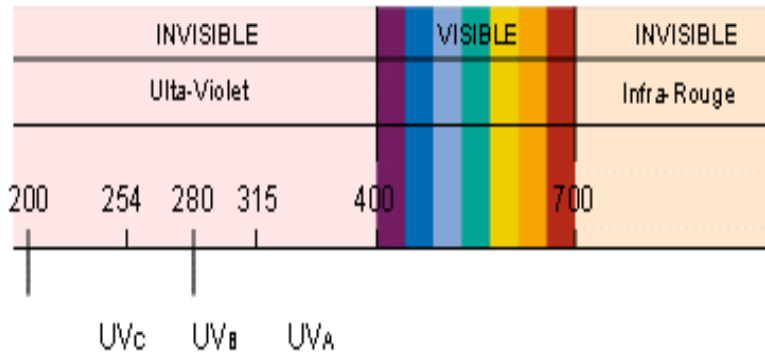


Zoom désinfection



Zoom désinfection

Les UV (ultra-violet)



Points à vérifier sur les usines de traitement

- **La décantation**
 - L'abattement de la turbidité
 - Réduction de la matière organique
 - Utilisation des sels de fer et d'aluminium
- **La filtration**
 - La taille des grains du matériau filtrant
 - La vitesse de filtration
 - Le lavage des filtres
- **La mise à l'équilibre**
 - Le TH
 - Le TAC
- **La désinfection (inter et post)**
 - Le temps de contact
 - Le résiduel libre
 - Le pH

Risques :

Désagréments : *Goût, couleur*

Santé : *Protection des pathogènes*

Exploitation : *Colmatage, corrosion*

Le traitement du Fer et du Manganèse

- **Substances que l'on trouve dans certaines nappes alluviales (parfois sur exploitées)**
- **Pollution souvent concomitante**
- **Référence de qualité :**
 - Fer : 0,2 mg/l
 - Manganèse : 0,05 mg/l
- **Génèrent des problèmes de couleur et de dépôts dans les réseaux :**
 - Eau « rouge » pour le fer
 - Eau « noire » pour le manganèse

ELIMINATION DU FER

- **Traitement biologique du fer :**
 - Par bactéries spéciales.

- **Traitement physico chimique :**
 - par oxydation à l'air,
 - coagulation
 - et rétention sur filtre.

ELIMINATION DU MANGANESE

● Démanganisation Physico chimique

- Oxydation par Ozone,
- Oxydation par bioxyde de chlore à $\text{pH} > 8$
- Oxydation par le Permanganate de potassium.

● Démanganisation biologique

- Par des bactéries spéciales

● Démanganisation catalytique :

- Adsorption sur Bioxyde de Manganèse (Catalyseur)
- Oxydation du Manganèse dissous.
- Rétention du Manganèse sur le matériau Mangagran

Le traitement du Fer et du Manganèse

● **Traitement physico-chimique :**

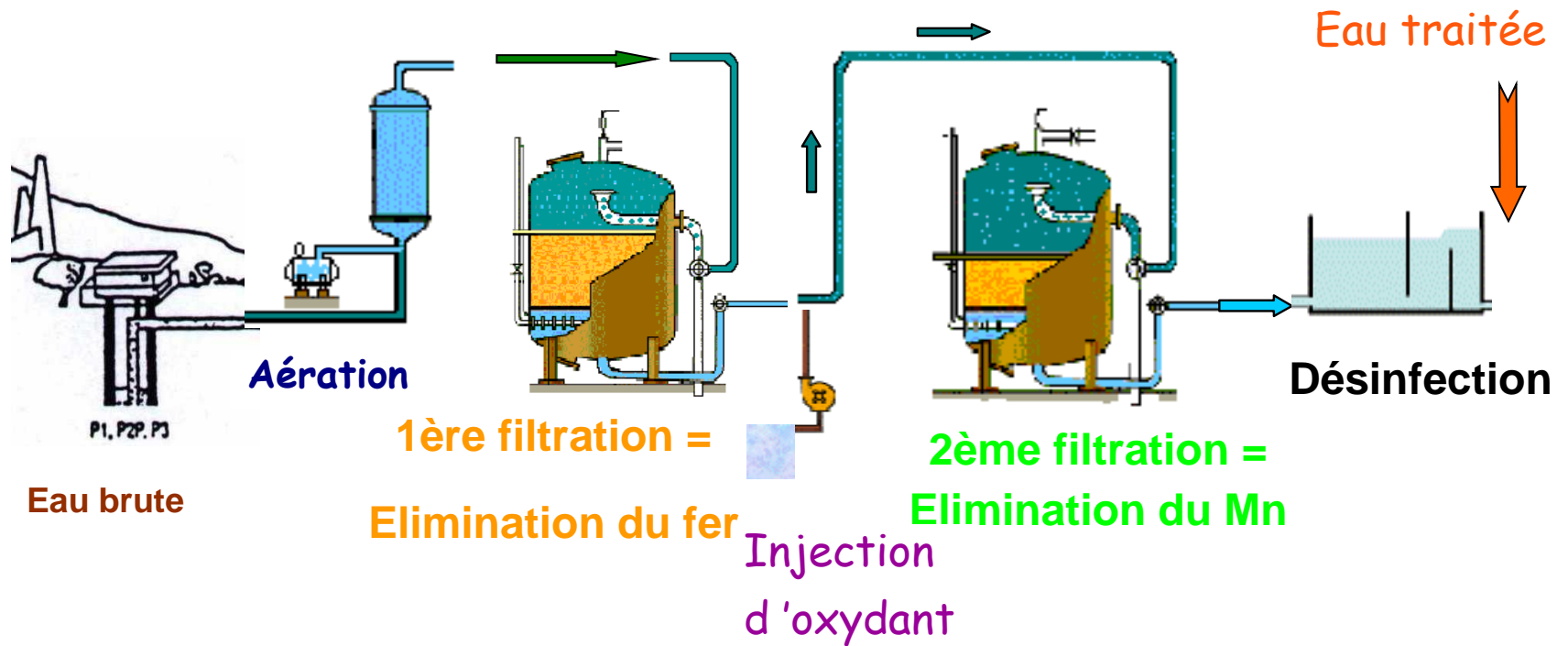
- Élévation du pH si nécessaire : $\text{pH} > 7,3$
- Etape d'oxydation afin de faire précipiter les composés solubles
 - oxydation à l'air suffisante pour le Fer
 - Le manganèse est beaucoup plus difficilement oxydable
 - oxydation au dioxyde de chlore, à l'ozone ou au permanganate de potassium
- Etape de filtration afin de retenir les précipités,
- Filtration sur un matériau catalytique (bioxyde de Manganèse) permettant filtration et adsorption en une seule étape
- Ce traitement peut s'intégrer dans une filière complète en fonction des autres paramètres à traiter.

Le traitement du Fer et du Manganèse

● **Traitement biologique :**

- Régulation du pH si nécessaire : $6,5 < \text{pH} < 8$
- Filtration sur filtre à sable
 - température supérieure à 12 °C
 - développement d'une biomasse au sein du filtre
 - concentration en oxygène dissous entre 0,5 et 2 mg/l
- Traitement difficile et contraignant.
- Nécessité d'avoir deux filtres différents pour traiter Fer et Manganèse en même temps

Traitement des eaux chargées en fer et manganèse



Le traitement des nitrates

● Par échange d'ions sur résines : dénitratation

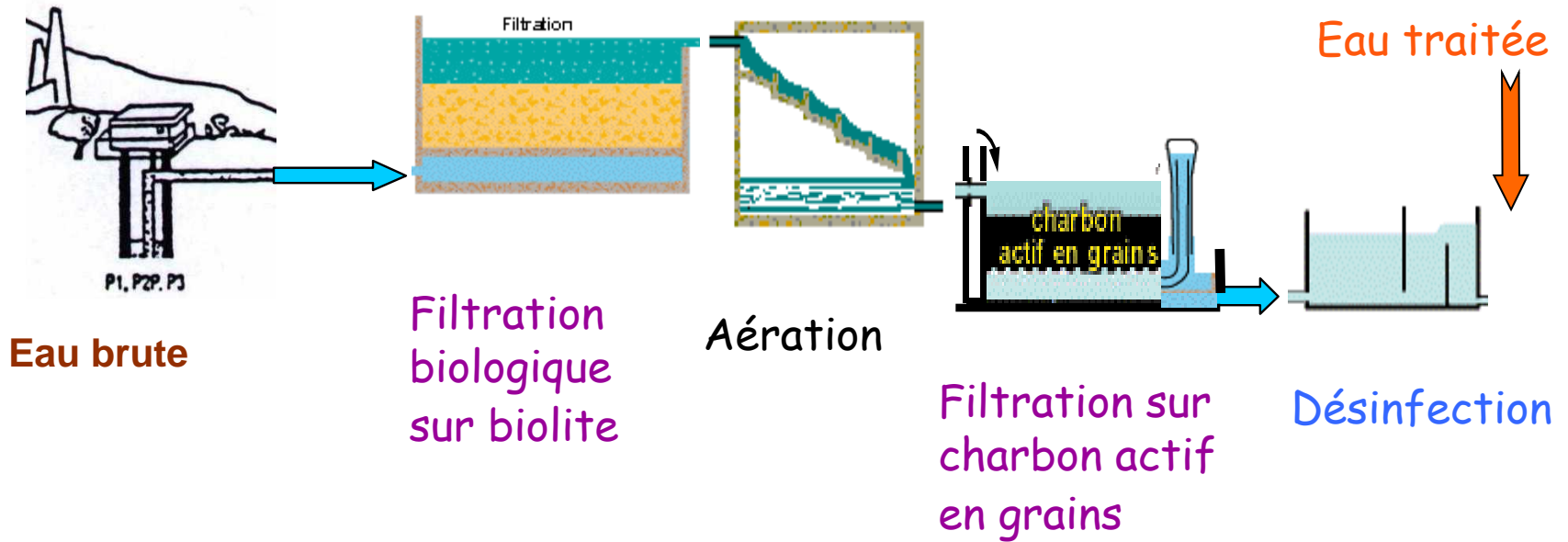
- échange réversible d'ions entre un solide (la résine) et un liquide (l'eau à traiter) :
- Percolation de l'eau à traiter à travers la résine :
 - $4 RCl + NO_3^-, HCO_3^-, SO_4^{2-} \rightleftharpoons RNO_3, R_2SO_4, RHCO_3 + 4Cl^-$
- Régénération avec une solution concentrée de NaCl
 - $RNO_3, R_2SO_4, RHCO_3 + 4NaCl \rightleftharpoons 4RCl + NaNO_3, NaHCO_3, Na_2SO_4$
- Nécessite de traiter et éliminer les éluats
- Elimine 85 % des nitrates

Le traitement des nitrates

● Par dénitrification biologique

- élimination des nitrates par réduction de NO_3 en azote moléculaire N_2 par action de bactéries fixées
- Ajout de phosphore et d'éthanol (nutriment pour les bactéries)
- Percolation de l'eau à traiter à travers un biodagène qui fixera la biomasse :
- Filtration bi-couche sur sable et CAG pour éliminer les matières en suspension et la biomasse en excès.
- Nécessite une température supérieure à 8 - 10°C
- Risque de générer des nitrites
- Exploitation difficile

Traitement des eaux chargées en nitrates



Le traitement des nitrates

- **Par nanofiltration ou osmose inverse**
 - Procédé physique de séparation des ions
 - Elimination d 'environ 50 à 70 % des nitrates suivant les membranes
 - Couplage avec le traitement des pesticides possible

Le traitement des pesticides

- **+ de 700 substances actives sur marché (x1000T/an)**
- **Plusieurs familles (Herbicides, insecticides, fongicides...)**
- **Nouvelles molécules fréquentes**
- **Les principales applications**
 - +400 utilisées en agriculture
 - Triazines, urées, organochlorés
 - 1% des quantités se retrouvent dans l'eau
 - Voiries, chemins de fer
 - Herbicides
 - 50-80% peuvent se retrouver dans l'eau
 - Conservation du bois
 - insecticides, acaricides

Le traitement des pesticides

→ Normes à respecter du CSP :

- Total pesticides: 0,5 µg/l
- Substances individualisées: 0,1 µg/l
 - sauf aldrine, dieldrine, heptachlore, heptachlore époxyde: **0,03 µg/l**
- Applicable aussi aux métabolites et produits apparentés

→ OMS, US EPA

- Valeurs individualisées en fonction de la toxicité de la molécule

Traitement des pesticides: les techniques

● **Nanofiltration :**

- Traitement multi-objectifs

● **Charbon actif en poudre :**

- Pour éliminer en début de traitement les pesticides et métabolites présents dans la ressource.

● **Charbon actif en grains:**

- Traitement d'affinage
- Prévion et gestion de régénérations ou renouvellement (durée de vie)
- Biodégradation et “relargage” des pesticides adsorbés sur le charbon

Le traitement des pesticides

● L'adsorption sur charbon actif

- **Injection de Charbon Actif en Poudre (CAP)** pour pics de pollution (eaux superficielles)
 - Nécessite une étape de clarification efficace (décantation, filtration ou membranes)
 - Réglages pointus pour réduire les coûts
 - Production de boues noires
- **Filtration sur Charbon Actif en Grains (CAG)** pour affinage (eaux superficielles et souterraines) et traitement des pollutions récurrentes
 - Gestion des régénérations et du renouvellement (durée de vie)
 - Phénomènes biologiques à maîtriser (bactéries, nitrites...)
 - Relargage possible des pesticides adsorbés sur le charbon

Le traitement des pesticides

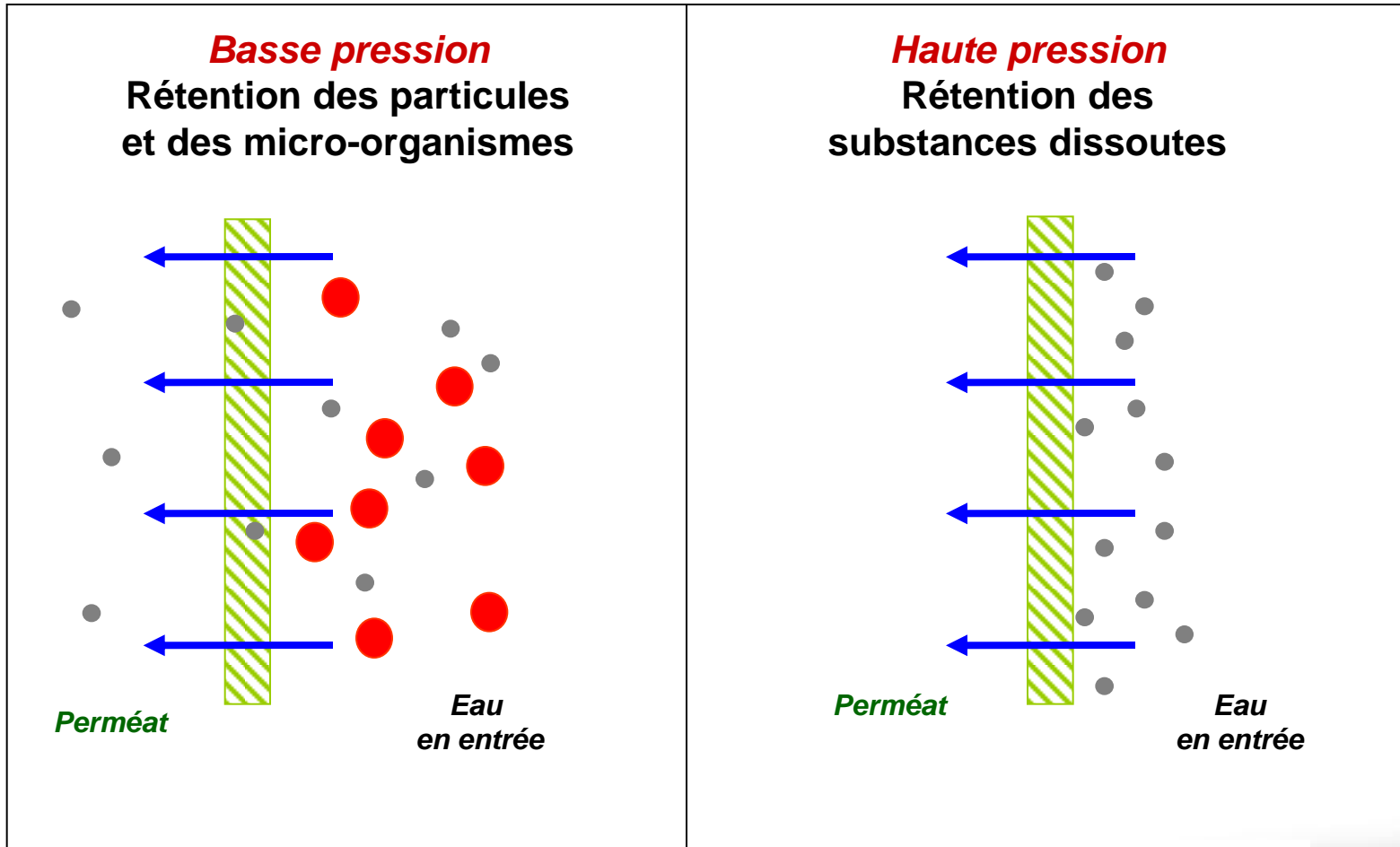
● La séparation par membranes de nanofiltration et d'osmose inverse

- Elimination liée au type de membrane (seuil de coupure)
- N'élimine pas 100% des molécules
- Nécessite des pré traitements de clarification : les membranes ne peuvent accepter des eaux « brutes »
- et des post-traitements liés à la déminéralisation partielle de l'eau après passage sur ces membranes (reminéralisation)
- Multi-traitements (matières organiques, dureté, nitrates, germes...)
- Traitement et devenir des rejets



Potabilisation par membranes

Filtration sur membranes : barrière



Les procédés membranaires permettent une définition de maille de filtration beaucoup plus fine que les autres techniques de filtration

Procédés membranaires haute pression

Définitions des traiteurs d'eau

Osmose inverse

Technique de séparation en phase aqueuse par membrane permselective dont le pouvoir de rétention est $>90\%$ pour tous les solutés, y compris les petites molécules et les ions monovalents.

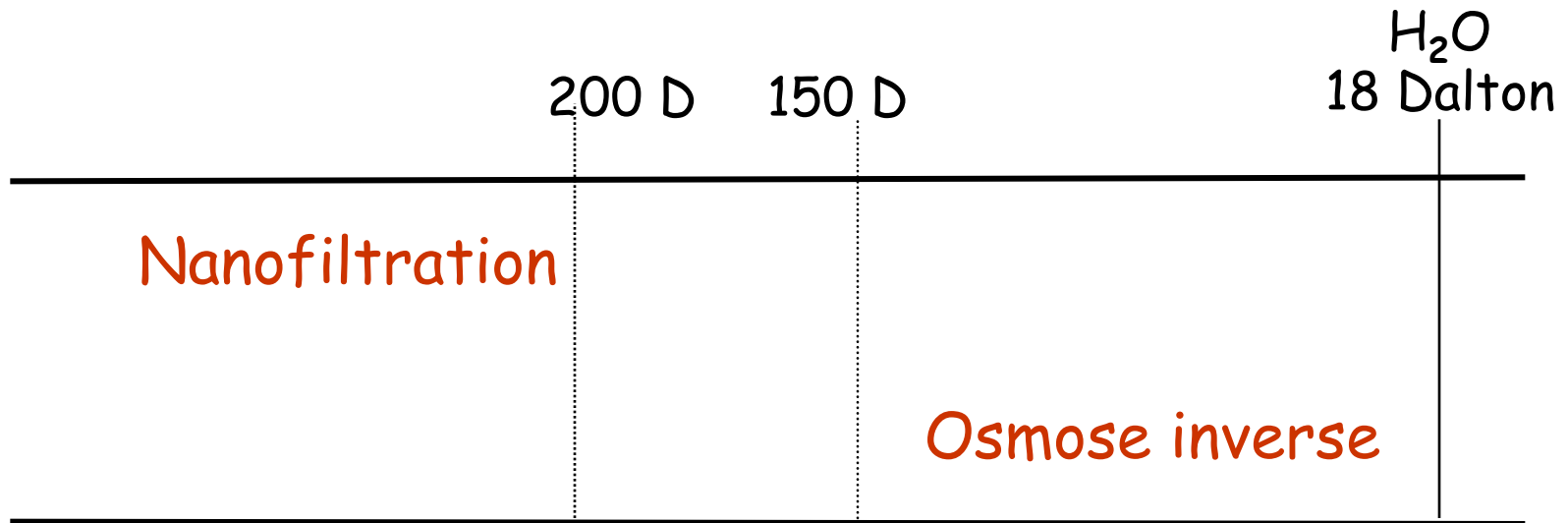
Nanofiltration

Variante de l'osmose inverse dont le pouvoir de rétention est élevé sur la plupart des molécules de poids moléculaire > 200 Dalton et les ions multivalents mais faible sur les ions monovalents.

Procédés membranaires Haute Pression

Définitions des traiteurs d'eau

seuil de coupure



Autres paramètres fondamentaux de la molécule dissoute:

- sa charge électrique
- son hydrophilie

Procédés membranaire Haute Pression

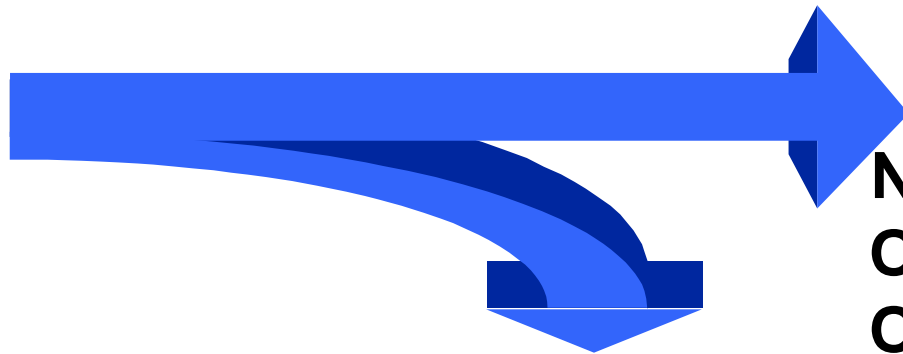
► Régime d'exploitation

	membranes basse pression		membranes haute pression		
	MF	UF	NF	OI 5g/L	OI 50g/L
Pressions opératoires (bar)	0,3 - 2,0		6 - 15	30	75
Flux typiques (l/m²/h)	40 - 150		30 - 20	20	14
Application principale	clarification < 0,1 NFU décontamination microbienne		réduction ★ du COD, du nitrate ★ du sulfate adoucissement dessalement		

Procédés eau potable Haute Pression

$$\text{Taux de conversion} = \frac{\text{débit de perméat}}{\text{débit d'alimentation}}$$

100%
alimentation



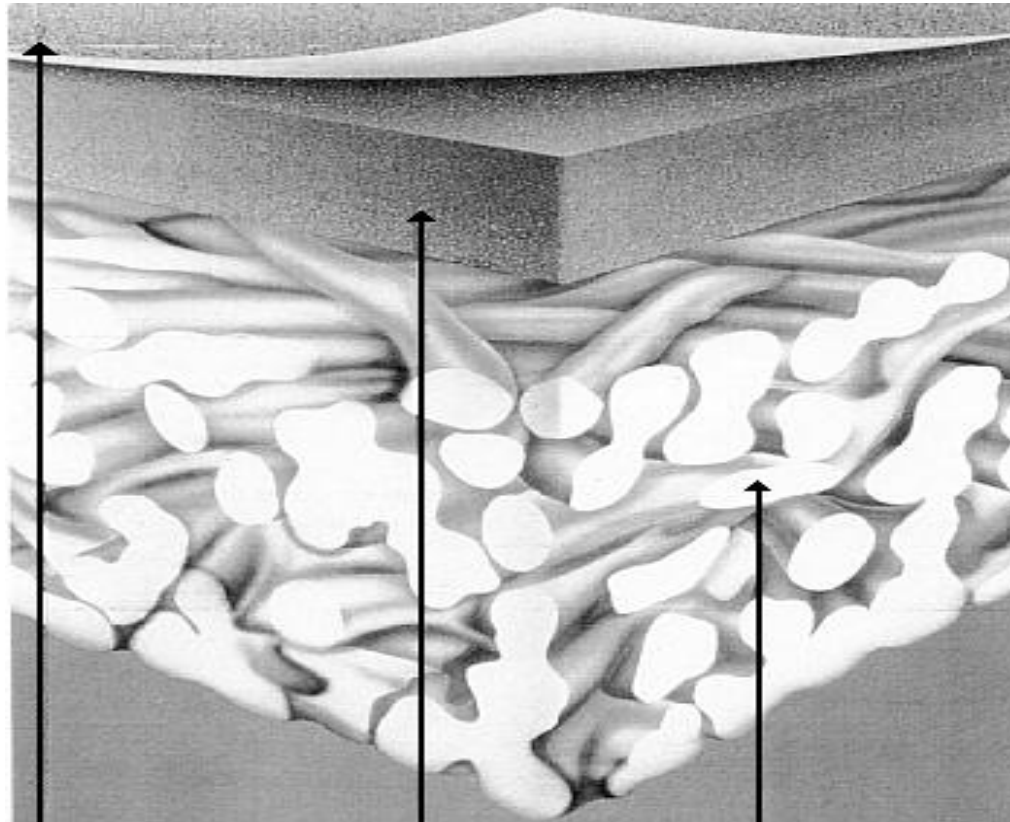
perméat
NF 75 à 85%
OI 10g/l 70%
OI 40g/l 40%

concentrat
NF 25 à 15%
OI 60 à 30%

..... obligation de
reprise sur
plusieurs étages

Membranes Haute Pression

Membrane TFC (film composite fin)

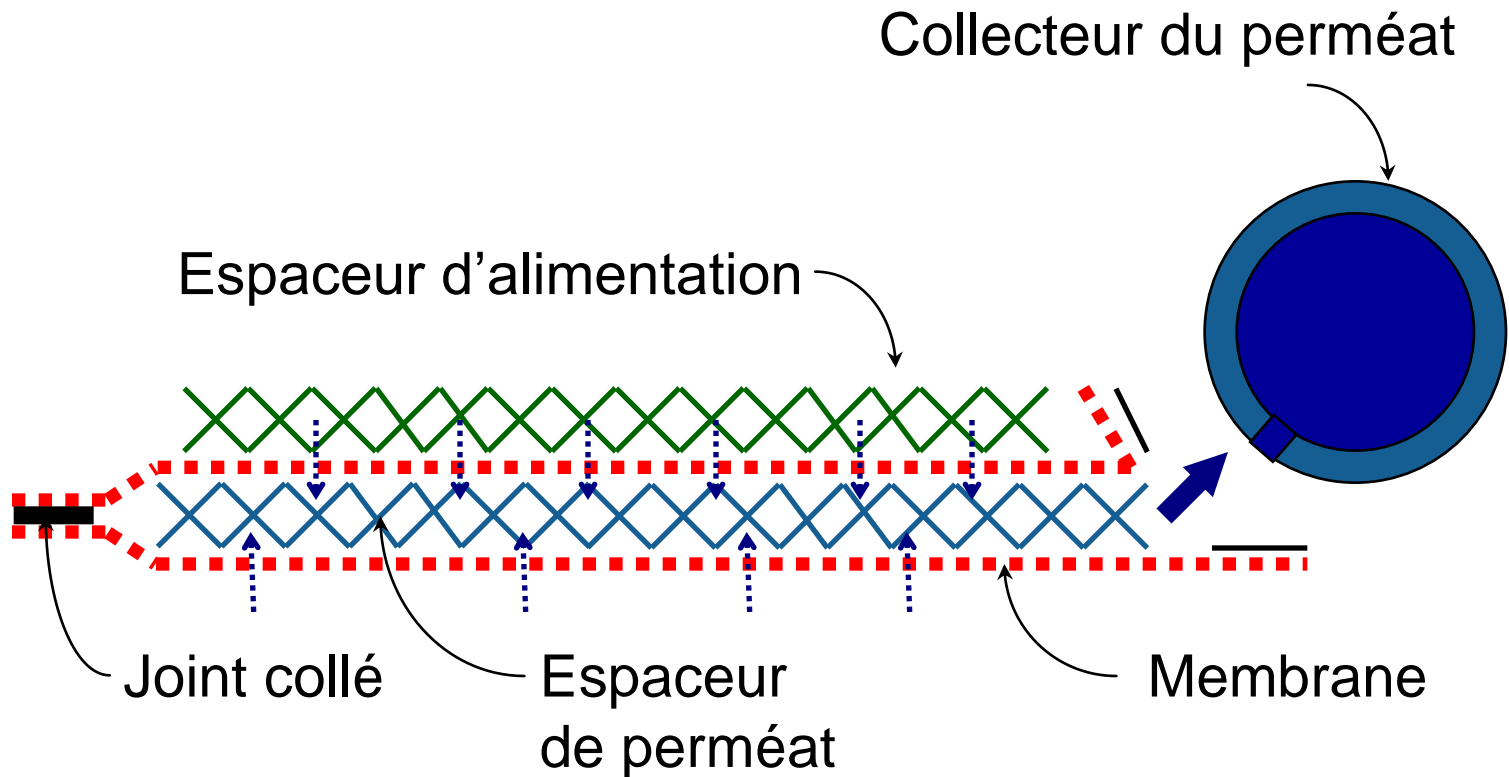


**Membrane NF ou OI
Ultrafine en polyamide**

**Couche
polysulfonée**

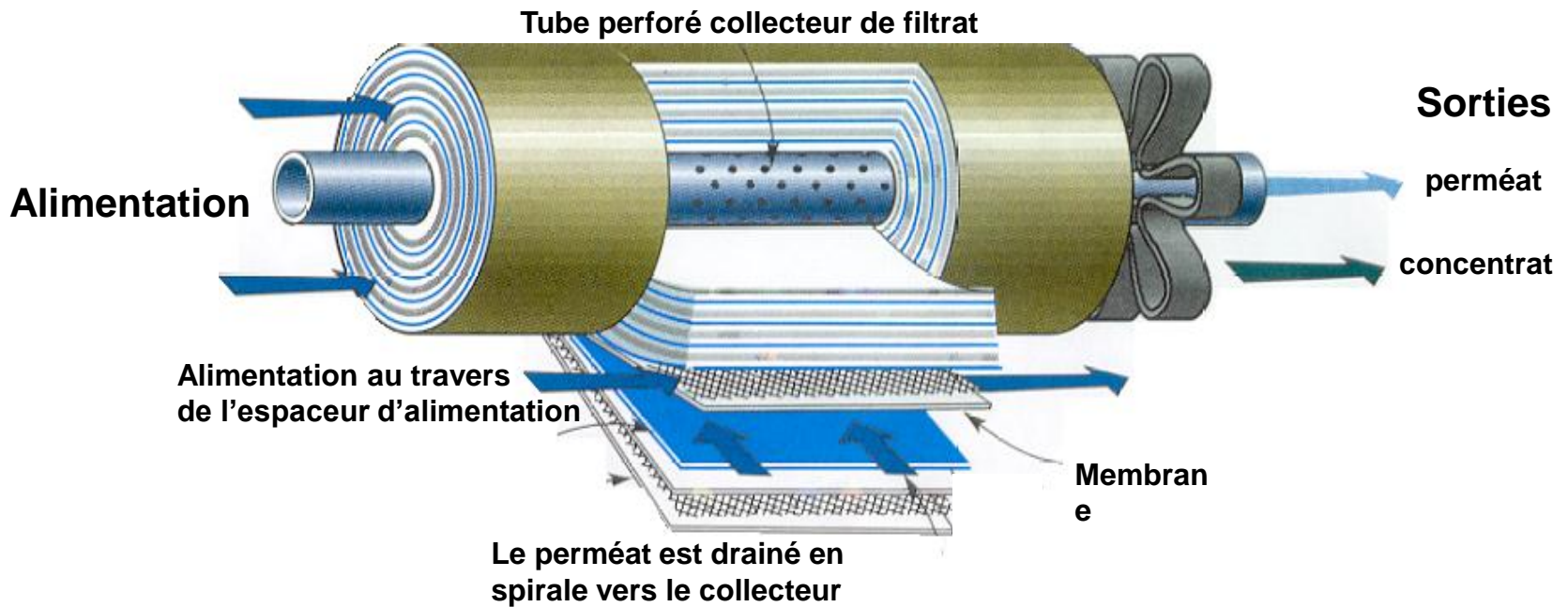
**Support
drainant**

Constitution d'un module spirale



L'extrémité ouverte est fixée à un collecteur (tube) de perméat

Constitution d'un module spirale

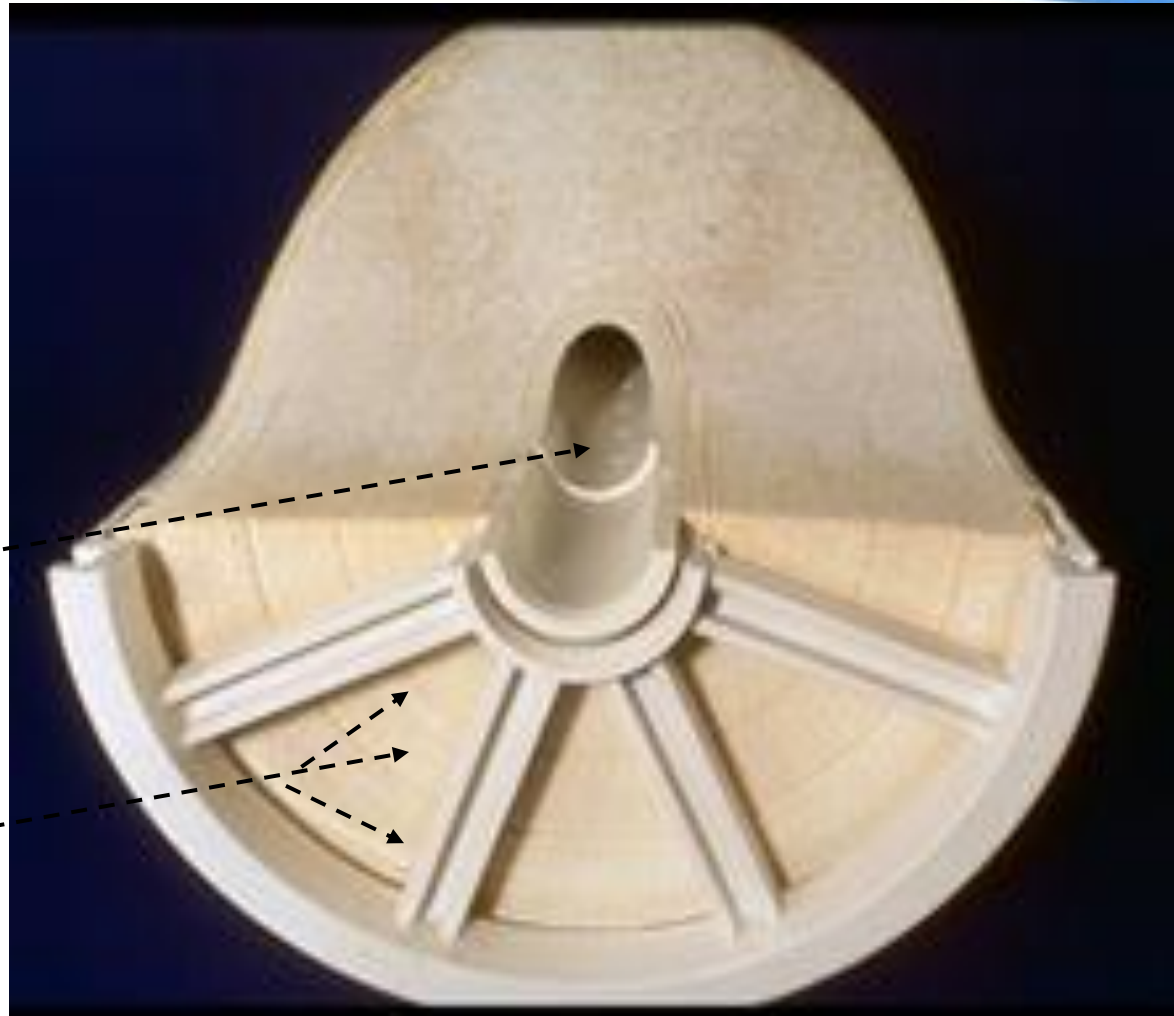


Module spiralé

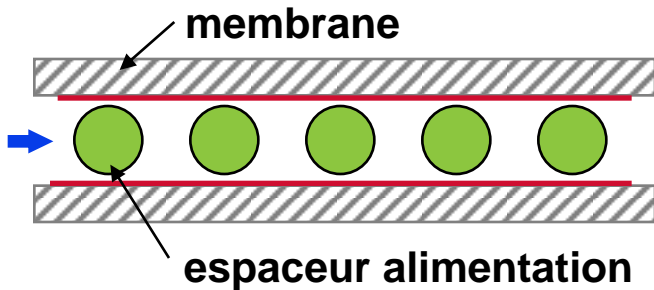
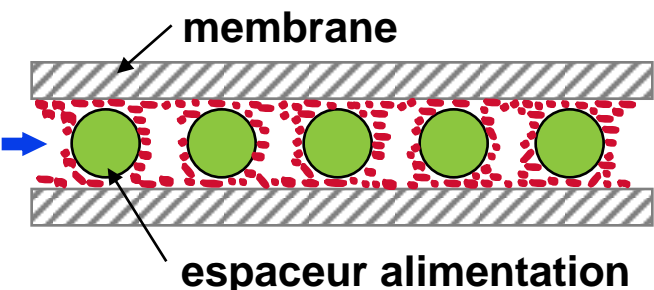
**Module NF
Filmtec
en demi-
section
courbe
diam. 20cm**

canal de filtrat

arrivée d'eau brute



Colmatage des membranes

	Fine (et dense) couche de gâteau sur la membrane	Colmatage du volume entre les membranes
Vue en coupe	 <p>membrane</p> <p>espaceur alimentation</p>	 <p>membrane</p> <p>espaceur alimentation</p>
Exemples	<p>Adsorption de matière organique</p> <p>Colmatage minéral fin</p>	<p>Colmatage par particules</p> <p>Colmatage minéral important</p> <p>Biofouling</p>
Suivi	<p>Perméabilité (normalisée pour la température)</p>	<p>Perte de charge longitudinale normalisée pour le débit (et la température)</p>

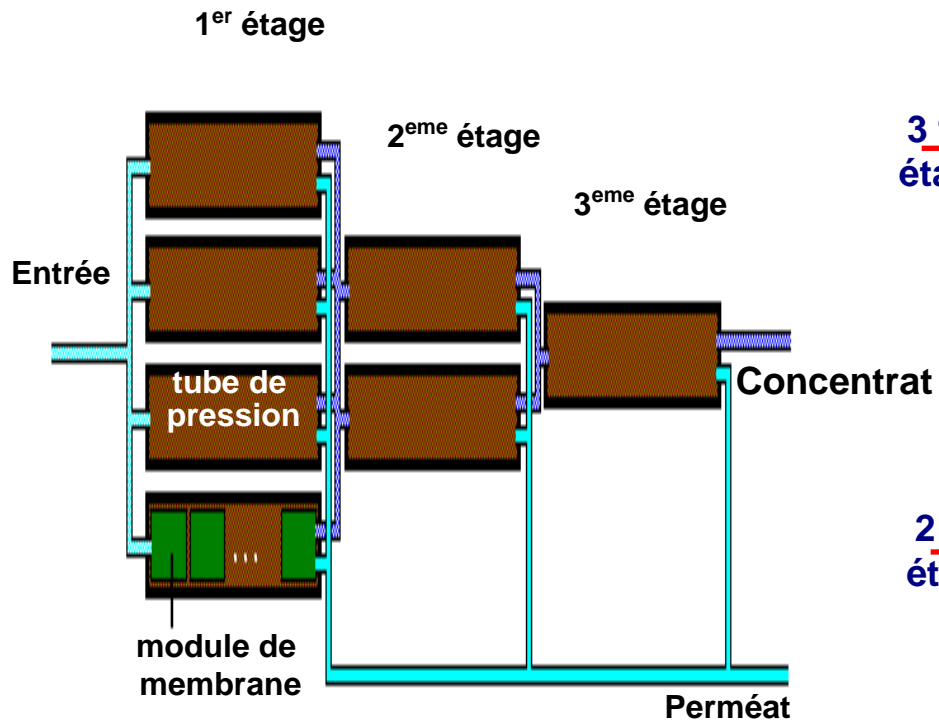
Colmatage des membranes

Précipitation de sels (CaCO_3 , CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4 , SiO_2 , etc.)

- **concerne les derniers éléments du dernier étage**
- **Mesures préventives : acidification (H_2SO_4 , HCl ou CO_2), ajout d'un séquestrant, adoucissement, choix du taux de conversion**
- **Mesures curatives : nettoyage chimique, notamment acide**

Exemple d'installations de nanofiltration

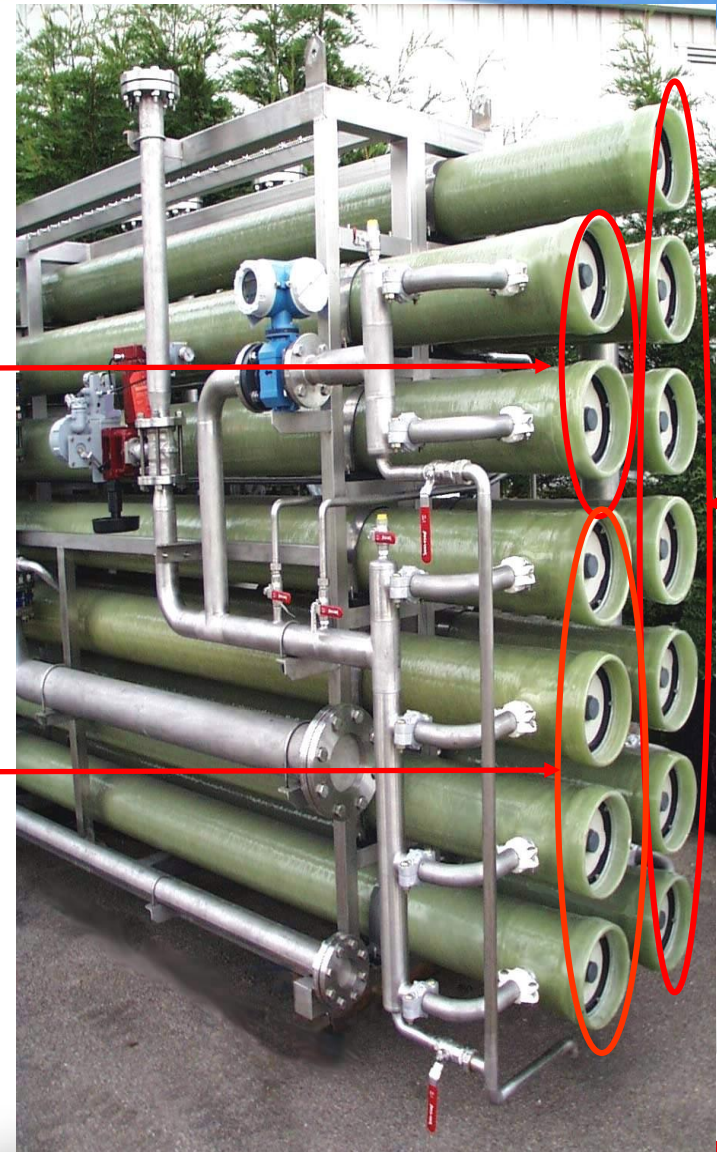
Schéma de fonctionnement



3^{ème}
étage

2^{ème}
étage

1^{er}
étage



Quelques exemples: usines de traitement spécifique

● Station de nanofiltration à Yffiniac : 2600 m³/j

● Performances de traitement

- Réduction des matières organiques dissoutes
- Réduction des nitrates et pesticides
- Désinfection physique
- Débit horaire : 130 m³/h



Générale des Eaux, OTV France

	Eau brute	Eau traitée
Turbidité moyenne	18 NTU	0,1 NTU
Turbidité maximale	82 NTU	0,26 NTU
NO3 : moyenne	37 mg/l	12 mg/l
NO3 : maximum	52 mg/l	18 mg/l



Quelques exemples: usines de traitement spécifique

● Station de micro-filtration à Yvetot

Physico-Chimie	Eau brute (Prélèvement 1)	Eau traitée
Turbidité	105 NTU	0,2 NTU
Fer total	2800 µg/l	< 20 µg/l
Aluminium total	2800 µg/l	< 20 µg/l
Manganèse total	130 µg/l	< 10 µg/l

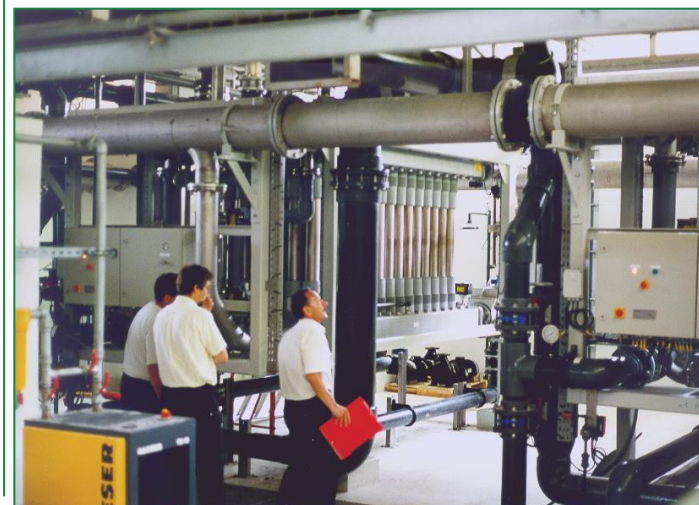
Bactériologie	Eau brute (Prélèvement 1)	Eau traitée
Coliformes 37 °C	360 par 100 ml	< 1 par 100 ml
Coliformes thermo- tolérants 44°C	360 par 100 ml	< 1 par 100 ml
Streptocoques fécaux	168 par 100 ml	< 1 par 100 ml
Spoires d'anaérobie sulfito-réductrices	49 par 100 ml	< 1 par 100 ml

● Traitement des eaux karstiques

- Réduction de la turbidité
- Elimination des bactéries

● Installation

- Capacité de 5 000 m³/ jour
- Surface membranaire : 2 x 1 350 m²
- Installée en 1997
- Débit horaire : 260 m³/h



La qualité de l'eau

- **L'eau, un produit sous haute surveillance**
- **L'eau potable est l'un des produits alimentaires les plus contrôlés.**
 - Contrôle au point de prélèvement: eau brute
 - Contrôle sortie usine
 - Contrôle chez le particulier
 - prélèvements et analyses: ARS (contrôle officiel) et distributeurs (autocontrôle) => Lyon : 8 000 prélèvements et 100 000 paramètres analysés/an
- **Analyses : bactériologie, physico-chimie, matières organiques**
- **En complément : études de risque et évaluations selon des méthodologies comme l'HACCP (analyse des dangers et maîtrise des points critiques). Solutions : périmètres de protection, améliorations des traitements etc...**

Le dessalement des eaux de mer

● Intérêt:

- Une ressource abondante: 97% de l'eau présente sur terre,
- Une ressource de proximité: 60% de la population mondiale vit à moins de 60 km d'une côte maritime
- Augmente la ressource en eau disponible dans les régions arides
- Réduit la dépendance en eau envers d'autres régions, en évitant les importations et les transports sur de longues distances.

● Difficultés:

- L'eau de mer est salée! Elle contient près de 100 fois plus de sel que la limite fixée par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine

Le dessalement des eaux de mer

► Des solutions:

- Le dessalement thermique ou distillation: l'eau de mer est chauffée jusqu'à évaporation, seules les molécules d'eau s'échappent, les sels et autres substances restent sous forme de dépôts.
- Le dessalement membranaire par osmose inverse. Il consiste à faire passer l'eau sous pression à travers une membrane qui laisse circuler l'eau mais qui retient les sels. **Ce procédé nécessite toutefois un traitement de l'eau en amont.**
- Depuis 1970, la consommation d'électricité du dessalement membranaire a été divisée par 4.
- Aujourd'hui ces deux techniques se partagent sensiblement à égalité le marché mondial. Entre 1990 et 2001, le procédé d'osmose inverse est passé de 40 à 53% de part de marché, Les recherches de Veolia sont orientées vers l'osmose inverse

Le dessalement des eaux de mer

- **L' avantage des procédés à membranes** (pour la production d'eau potable à partir de l'eau de mer)
 - **Avant tout, ils permettent de diminuer par 3 ou 4, les consommations énergétiques par rapport au dessalement thermique.**
 - **Toutefois, les chercheurs de Veolia Environnement travaillent à améliorer certains points:**
 - **gérer les résidus (concentrat) pour améliorer le bilan environnemental,**
 - **augmenter le rendement : le volume d'eau pompée est 2 à 3 fois supérieure au volume d'eau potable produite par le dessalement,**
 - **maîtriser les phénomènes de colmatage,**
 - **réduire les coûts de fonctionnement.**

Le dessalement des eaux de mer

Le dessalement par rapport à une filière de traitement classique :

● Les avantages:

- Solution alternative au manque d'eau
- Moins de réactifs chimiques
- Moins de production de boues
- Moins de coût de génie civil
- Qualité constante de l'eau traitée

● Les inconvénients:

- Consommateur de beaucoup d'énergie
- Coût encore élevé
- Volume d'eau produit insuffisant par rapport à l'eau de mer traitée
- Perturbation du milieu marin par prélèvements et rejets d'eau très salée

A close-up, high-speed photograph of water splashing, creating a dynamic and energetic background. The water is captured in mid-air, with droplets and ripples visible. The overall color palette is shades of blue, from light sky blue to deep navy blue.

VOS QUESTIONS