

Chapitre III- Procédés de prétraitements et de pré-oxydation

La filière classique de traitement (Figure 1), quelle que soit l'origine de l'eau, est constituée d'une désinfection (étape obligatoire) précédée au plus par trois types de traitement : étapes de prétraitement, étapes de clarification et étapes d'affinage.

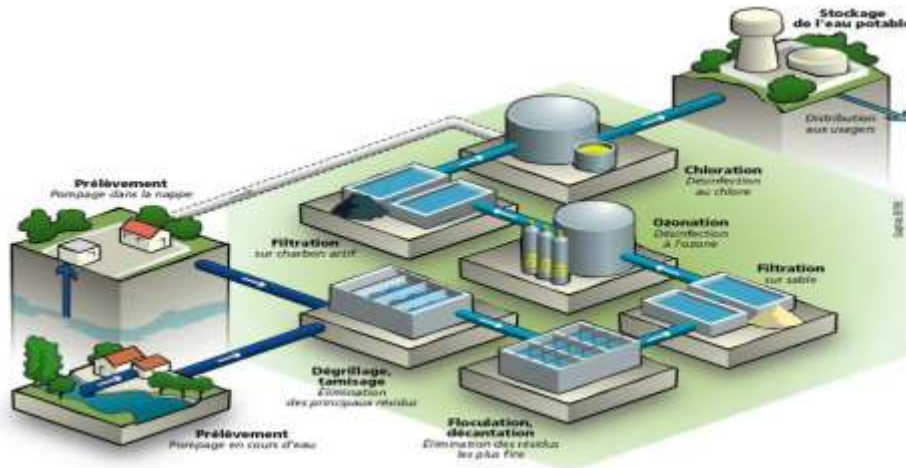


Figure 1: Chaîne de traitement physico-chimique d'une eau naturelle

III.1 Prétraitement

Ce sont des procédés physiques. Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement le dégrillage, le tamisage et le dessablage ou le débouage.

III.1.1 Le dégrillage : premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute grâce à des barreaux espacés de 5 à 10cm.

III.1.2 Le tamisage : permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage grâce à des grilles à mailles de 0.3 à 3mm. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple. Il existe également des micro-tamis à mailles de 25 à 100 microns pour éliminer le plancton par exemple.

III.1.3 Le dessablage ou débouage

- **Le dessablage** a pour but d'extraire les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines pour éviter les dépôts et protéger les appareils contre l'abrasion.
- **Le débouage** est une étape de traitement qui précède la clarification dans le cas d'une eau très chargée en limon ou en sable fin. Les déboueurs permettent d'enlever les boues, en laissant dans les eaux traitées une charge en M.E.S de l'ordre de 100 à 1000 g/l selon les cas.

III. 2 La pré-oxydation

La pré-oxydation peut-être physique (par aération au niveau de la cascade d'aération afin d'oxyder de fer et le manganèse en cas de leurs présence dans l'eau) ou combinée à une pré-oxydation chimique. La pré-oxydation chimique est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur et des algues (essentiellement pour les eaux superficielles).

Cette étape va s'insérer dans une filière, en la plaçant des prétraitements physiques et en amont des traitements classiques. L'intérêt d'un traitement chimique d'oxydation est de permettre une meilleure élimination de certaines substances lors des étapes suivantes. Particulièrement :

- Augmentation de l'efficacité de la coagulation/floculation,
- Réduction des matières organiques et de l'azote ammoniacal,
- Oxydation de certains métaux (précipitation améliorée),
- Amélioration du traitement de certains composés (pesticides, solvants chlorés),
- Eviter le foisonnement des algues,
- Réduction des goûts et des odeurs,
- Ré-oxygénation de l'eau.

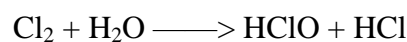
III.2.1 Pré-oxydation chimique au chlore

III.2.1.1 Principe d'action

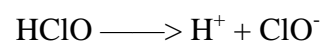
La pré-chloration correspond à l'application d'une dose de chlore avant n'importe quel traitement. Le chlore est l'oxydant le plus communément utilisé dans le traitement de l'eau.

Il est employé sous forme gazeuse (Cl_2), liquide (hypochlorite de sodium) ou solide (hypochlorite de calcium). Le chlore est introduit dans les canalisations ou dans les bassins de mélange disposés en début de filière.

Lorsque du chlore pur est additionné à l'eau, il se décompose rapidement pour former de l'acide hypochloreux (HClO) et de l'acide chlorhydrique (HCl) :



HClO (acide faible) est ensuite partiellement dissocié en ion hypochlorite ClO^- :



On appelle **chlore résiduel libre**, la somme $[\text{HClO} + \text{ClO}^-]$.

L'acide hypochloreux et l'ion hypochlorite sont de puissants oxydants avec cependant, une prédominance d'efficacité pour **HClO**.

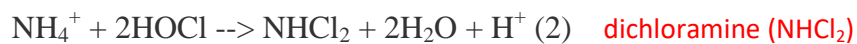
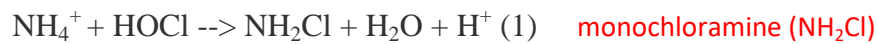
Utilisé en pré-oxydation chimique, le Chlore présente un certain nombre d'avantages :

- Amélioration de l'efficacité de la coagulation,
- Réduction des odeurs des boues organiques présentes dans les décanteurs,
- Evite le développement d'algues et autres organismes au niveau des filtres

La pré-chloration présente l'inconvénient de former des composés organiques chlorés dont **les trihalométhanes (THM)** qui peuvent avoir des effets nocifs sur la santé de l'homme. Il faut donc éviter une pré-chloration dans le cas de l'eau brute fortement chargés en matières organiques, car les THM se forment à partir du chlore et de certains composés (exemple : les acides humiques).

En fait, lorsque l'on ajoute à une eau donnée des doses croissantes de chlore, après un temps de contact correspondant à la durée de séjour de l'eau dans l'installation, à l'abri de la lumière, on constate que le chlore résiduel au lieu d'augmenter régulièrement avec la dose initiale, passe par un maximum puis décroît, passe par un minimum et croît ensuite régulièrement. Ce dernier correspond au point critique ou « **break point** », où les **chloramines** sont transformées totalement en azote moléculaire (Figure 2).

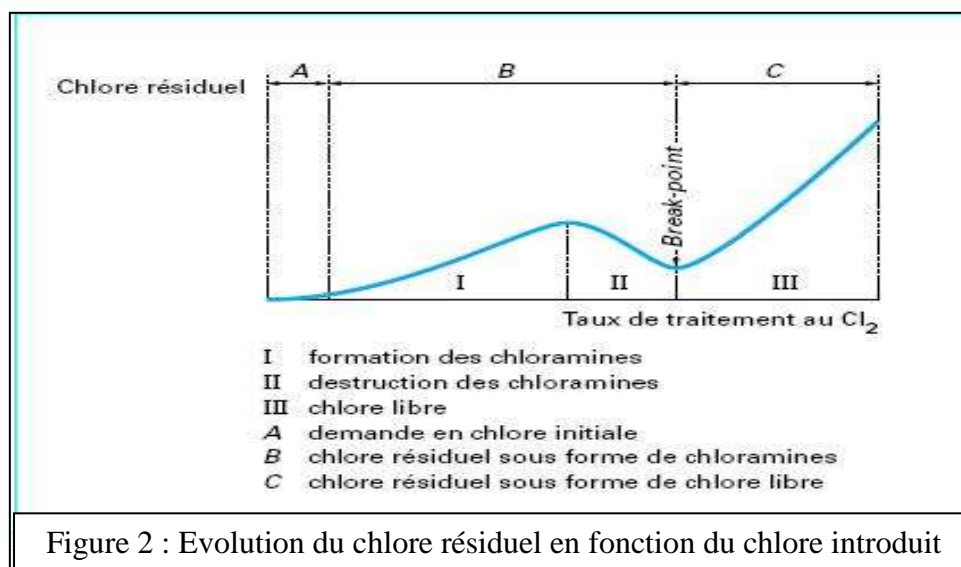
En présence d'ammonium ou des substances aminées le chlore forme des chloramines, ayant un pouvoir bactéricide non négligeable, selon les réactions suivantes:



Lorsque la réaction 3 est terminée l'excès de chlore ajouté provoque la destruction des chloramines selon la réaction :

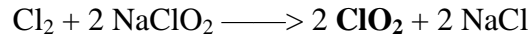


Lorsque la réaction 4 est terminée le chlore ajouté en excès se trouve sous forme de chlore libre. La présence des amines ou d'ammonium entraîne que la dose de chlore nécessaire pour obtenir un traitement efficace soit beaucoup plus élevée, car une partie très importante est consommée par des composés aminés.



III.2.2 Pré-oxydation chimique au Bioxyde de chlore

Le bioxyde de chlore (ClO_2) est un oxydant qui est préparé sur site par réaction entre le chlore et le chlorite de sodium (NaClO_2) :



Le bioxyde de chlore a l'avantage de ne pas conduire directement à la formation de THM et autres composés organochlorés.

Le bioxyde de chlore est plus efficace que le chlore vis à vis de la couleur et des goûts.

Le fait que ClO_2 n'oxyde pas l'ammoniaque rend son emploi plus restrictif comme agent de pré-oxydation chimique.

Mais le fer, le manganèse, les sulfures et les nitrites sont bien oxydés. De plus, le bioxyde de chlore a l'avantage de réagir plus rapidement sur le Fer et le Mn que le chlore.

III.2.3 Pré-oxydation chimique à l'Ozone

Le rôle de l'ozone (formule : O_3), dans le traitement des eaux potables, a été longtemps limité à l'élimination des bactéries et virus, et de la couleur. Il est utilisé pour l'élimination du Fer et du Manganèse, ainsi que pour favoriser l'abattement du Carbone Organique Total (qui exprime en grande partie la "nourriture des micro-organismes").

Très souvent, la pré-oxydation chimique à l'ozone est utilisée en remplacement des autres pré-oxydations et notamment celle faite avec le chlore.

L'ozone présente les avantages suivants :

- Pas de formation de sous-produits chlorés (THM),
- Favorise la coagulation-floculation-décantation,
- Favorise l'élimination biologique de l'ammoniaque (grâce à l'oxygène apporté).

Inconvénients: une faible **rémanence** et la formation de composés tels que les aldéhydes, et / ou l'apparition de bromates (BrO_3^-) par réaction sur une eau contenant des bromures. Les doses généralement utilisées sont de 0.3 à 0.5 mg d'ozone par mg de COT.

Dans une usine de traitement d'eau possédant déjà un dispositif d'ozonation finale, on peut utiliser une partie de l'ozone disponible pour la pré-ozonation, sans augmenter la capacité de l'installation.

III.2.4 Pré-oxydation chimique au permanganate de potassium

Le KMnO_4 , se conserve indéfiniment à sec, au froid et à l'obscurité. Sa bonne solubilité permet de l'utiliser à de grandes concentrations. Notons, cependant, qu'une dose excessive de KMnO_4 risque de donner une couleur rosé à l'eau, qui vire au jaune après sa réduction dans les réseaux de distribution.

Utilisé en pré-oxydation chimique, KMnO_4 a un effet indirect sur la diminution des précurseurs de THM qui s'explique par une augmentation de sa capacité d'adsorption en présence d'ions Ca^{2+} , tendant à diminuer le COT dans l'eau et donc à diminuer les possibilités de formation de THM. Le permanganate a peu d'actions sur l'élimination de la couleur ou pour traiter les goûts et les odeurs.

Tableau 1 : Comparaison entre les divers oxydants.

Oxydant	Avantages	Inconvénients
Chlore	Puissant oxydant	Formation de sous-produits
	Utilisation simple	THM
	résiduel persistant	Forte influence du pH
	Longues expérience de son utilisation	Problèmes avec goûts et odeurs
Bioxyde de chlore	Oxydant puissant	Préparation sur site
	Résiduel relativement persistant	Problèmes avec odeurs
	Pas de formation de THM	Formation produits halogènes
	Pas d'influence du pH	
Ozone	Oxydant puissant	Faible effet rémanent
	Pas de formation de THM ni produits halogènes	Préparation sur site
	Pas de problèmes avec goûts et odeurs	Corrosif
	Efficacité sur algues	Utilisation peu aisée
	Peu d'effet du pH	
	Effet bénéfique sur coagulation	
	Formation sous-produits biodégradables	
Permanganate de potassium	Utilisation aisée	Oxydant modéré
	Pas de formation de THM	Coloration rosé de l'eau quand il est en excès
		Sous-produits peu connus
		Peut précipiter suivant pH