



**EVALUATION DES RISQUES LIES A L'UTILISATION DES SUPPORTS DE
FILTRATION RECOUVERTS D'OXYDES METALLIQUES UTILISES COMME
ADSORBANTS SELECTIFS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX DESTINEES A
LA CONSOMMATION HUMAINE**

**RAPPORT DU COMITE D'EXPERTS SPECIALISE "EAUX"
Avril 2005**

EVALUATION DES RISQUES LIES A L'UTILISATION DES SUPPORTS DE FILTRATION RECOUVERTS D'OXYDES METALLIQUES UTILISES COMME ADSORBANTS SELECTIFS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

A la suite de l'apparition de nouveaux supports de traitement des eaux, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie à plusieurs reprises de demandes relatives à l'utilisation pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine de supports de filtration recouverts d'oxydes métalliques utilisés comme adsorbants sélectifs pour l'élimination notamment de l'arsenic, du sélénium et de l'antimoine.

Trois avis ont déjà été rendus pour ce type de support.

Considérant l'augmentation des demandes et le souci permanent d'un traitement équitable des demandes, le CES "Eaux" de l'Afssa s'est autosaisi du problème le 4 mai 2004.

Par ailleurs, la Direction générale de la santé, par courrier en date du 4 septembre 2004, a demandé à l'Afssa de lui préciser :

- les conditions générales dans lesquelles les traitements d'eau par adsorption sur des oxydes ou oxyhydroxydes de fer pourraient être autorisés pour l'élimination de l'arsenic, de l'antimoine et du sélénium dans l'eau destinée à la consommation humaine,
- les conditions générales d'utilisation des procédés de traitement de l'arsenic, de l'antimoine et du sélénium sur alumine activée et dioxyde de manganèse (non mentionnés dans la circulaire du 28 mars 2000).
- la nature des supports pouvant être utilisés et les critères de pureté éventuels à respecter ;
- les conditions d'utilisation à préconiser pour s'assurer d'une efficacité de traitement des eaux suffisantes (en termes de pH, de vitesse de filtration, de régénération des supports...).

Le présent rapport vise à évaluer d'une façon générale l'innocuité et l'efficacité de tels supports à partir de la synthèse d'une étude bibliographique (jointe en annexe) sur ces procédés et à définir les conditions de leur mise en œuvre de façon à garantir la sécurité sanitaire de l'eau destinée à la consommation humaine.

Cette évaluation devrait permettre au ministère chargé de la santé de disposer des informations nécessaires pour une révision de la circulaire DGS/VS4/2000 n°166 du 28 mars 2000 relative aux produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

Cette évaluation globale des procédés d'adsorption sélective à l'aide d'oxydes métalliques permettra de clore les saisines particulières en cours portant sur le même sujet :

- 2004-SA-0024 : demande d'avis relatif à l'utilisation du produit « GEH » à base d'oxyhydroxyde ferrique en vue de l'élimination du sélénium dans les eaux destinées à la consommation humaine,
- 2004-SA-0326 : demande d'avis relatif à l'autorisation d'utilisation du produit « GEH » dans un procédé d'élimination de l'antimoine dans les eaux destinées à la consommation humaine,
- 2004-SA-0398 : demande d'avis relatif à l'agrément du procédé d'élimination de l'arsenic « Infiltraflo As » dans les eaux destinées à la consommation humaine par filtration sur de l'hydroxyde de fer (suite à l'avis de l'Afssa du 11 septembre 2003),
- 2005-SA-0020 : demande d'avis relatif à l'autorisation d'emploi d'un procédé d'élimination de l'arsenic dans les eaux destinées à la consommation humaine par filtration sur le produit « Bayoxide E33 ».

I. Contexte réglementaire et sanitaire

A. Contexte réglementaire

Les produits et procédés de traitement pour les eaux destinées à la consommation humaine sont soumis à autorisation du ministre chargé de la santé après avis de l'Afssa (article R. 1321-48 du code de la santé publique) qui stipule :

"Aucun produit de traitement utilisé lors de la préparation des eaux destinées à la consommation humaine ne doit se retrouver dans les eaux mises à la disposition de l'utilisateur en concentration supérieure aux limites de qualité fixées au I de l'annexe 13-1, ni entraîner un danger potentiel pour la santé publique. [...]"

Des dispositions plus contraignantes concernant les impuretés chimiques à caractère toxique éventuellement présentes dans les produits de traitement utilisés lors de la préparation des eaux destinées à la consommation humaine peuvent être imposées par le ministre lorsqu'il approuve les méthodes de correction. [...]

A l'issue du traitement, l'eau ne doit pas être agressive, corrosive ni gêner la désinfection."

La circulaire DGS/VS4/2000 n°166 du 28 mars 2000 précitée précise dans son annexe I BIS que pour l'affinage (modification de la minéralisation) les étapes de traitement suivantes sont approuvées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine :

- Adsorption sur alumine activée ;
- Filtration sur bioxyde de manganèse ou sable enrobé de dioxyde de manganèse ;
- Défluoration des eaux sur alumine activée ou sur apatite ;
- Elimination de l'arsenic, du sélénium, de l'antimoine sur alumine activée ou sur dioxyde de manganèse ;

Cette circulaire donne également, dans son annexe, des listes de substances et de procédés de traitements pouvant être utilisés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

B. Contexte sanitaire

Certains traitements des eaux destinées à la consommation humaine sont plus puissants que d'autres et présentent l'inconvénient de provoquer la formation de sous-produits qui peuvent porter atteinte à la santé humaine ; c'est le cas, par exemple, de l'ozone qui, en présence de bromures, peut induire la formation de bromates, éléments cancérigènes.

Parmi les procédés les moins puissants mis en œuvre figurent la précipitation-coprécipitation et l'adsorption sur des supports filtrants.

En matière de traitement des eaux destinées à la consommation humaine, les supports de filtration recouverts d'oxydes métalliques peuvent être utilisés comme adsorbants sélectifs, notamment de l'arsenic, du sélénium et de l'antimoine.

Ce type de traitement permet d'adsorber spécifiquement les toxiques minéraux et, bien qu'ils ne puissent se substituer à une étape de désinfection par un produit biocide, de réduire en partie la pollution microbiologique des eaux. Il présente en outre l'avantage de pouvoir être mis en œuvre dans des installations de petite capacité alimentant une population restreinte et ayant des moyens limités et d'améliorer ainsi la sécurité sanitaire des eaux distribuées.

Par ailleurs, les limites de qualité concernant les teneurs en micropolluants minéraux dans l'eau potable étant de plus en plus basses, leur respect conduit à mettre en place des traitements d'élimination par des procédés de plus en plus efficaces.

Des études récentes ont montré que les sables recouverts par des oxyhydroxydes de fer ou d'aluminium ou de dioxyde de manganèse, étaient de très bons adsorbants sélectifs, peu coûteux et, dans certains cas, plus efficaces que les techniques habituellement utilisées telles que la précipitation-coprécipitation ou l'adsorption sur charbon actif en grain. De plus, l'adsorption sélective permet également retenir des éléments que les traitements conventionnels ne permettent pas d'éliminer.

II. Nature et innocuité des supports et des oxydes déposés

A. Supports

Les supports peuvent être ceux résistant à l'acidité si l'eau à traiter est agressive autorisés par la circulaire DGS/VS4/2000 n°166 du 28 mars 2000.

"LISTE A2 : supports minéraux :

Supports minéraux de traitement :

- Sables et graviers à base de silice (NF EN 12904) (Si la filtration est une filtration directe sur une eau non agressive le sable peut être constitué aussi de carbonate de calcium . Dans ce cas, le test de la perte pondérale ne s'applique pas).
- Argiles (NF EN 12905).
- Charbon actif en grains (NF EN 12915) (Le test de la perte pondérale proposé en annexe III de la circulaire du 7 mai 1990 ne s'applique pas au charbon actif en grains. [Certains] tissus de carbone activé [...] ainsi que [certains] feutres absorbants [...] sont agréés pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine en tant que filtre à charbon).
- Carbonate de calcium si l'eau n'est pas agressive (NF EN 1018).
- Carbonate et oxydes mixtes de calcium et de magnésium (NF EN 1017).
- Carbonates mixtes de calcium et de magnésium.
- Soufre granulé (procédé autotrophe de dénitratisation – circulaire du 24 juillet 1985).
- Argiles cuites.
- Anthracite – Hydroanthracite (NF EN 12909).
- Pierre ponce (NF EN 12906).
- Pouzzolane.
- Grenat (NF EN 12910).
- Anneaux de Rashig en terre cuite.
- Sable à base de dioxyde de manganèse (pr NF EN 13752) "

Ces produits doivent respecter les normes de pureté mentionnées pour chacun d'eux ou, à défaut, les critères de pureté définis en annexe II de la circulaire du 7 mai 1990.

Des sables naturels auxquels est associée de la glauconite (minéral argileux), également appelés "sables verts" de l'Albien ou de l'Eocène, sont utilisés pour le traitement de l'eau et peuvent être recouverts d'oxyde de manganèse.

B. Oxydes déposés

Les substances autorisées en annexe 1 de la circulaire du 28 mars 2000 et ayant comme fonction principale la coagulation sont les suivantes :

Sulfate d'aluminium (NF EN 878) (pH coagulation-floculation entre 6,0 et 7,5)
Chlorure d'aluminium (NF EN 881) (pH coagulation-floculation entre 6,0 et 7,5)
Aluminate de sodium (NF EN 882) (pH coagulation-floculation entre 6,0 et 7,5)
Chlorure ferrique (NF EN 888)
Chlorosulfate de fer (NF EN 891).

Mais d'autres substances, telles que le permanganate de potassium autorisé par cette circulaire mais ayant une autre fonction principale, peuvent être utilisées pour réaliser le dépôt d'oxyde sur le support filtrant.

Les oxydes déposés à partir de ces substances et identifiés dans la bibliographie sont :

- des oxydes de manganèse MnO_2 ,
- des oxyhydroxydes de fer $FeOOH$,
- des oxyhydroxydes d'aluminium $Al(OH)_3$.

Les sables recouverts de ces oxydes ont l'avantage de présenter de meilleures performances mécaniques.

Plusieurs modes de préparation et de dépôt des oxydes métalliques sur les supports filtrants sont possibles.

Ces dépôts peuvent se faire :

- soit naturellement lorsque les eaux sont riches en manganèse (dans ce cas une couche noire de MnO_2 se forme à la surface des grains de sable), ou lorsque les eaux sont riches en fer ou coagulées à l'aide d'un sel de fer ou d'aluminium.

- soit par des méthodes spécifiques de dépôt mais dans des conditions de réalisation pouvant avoir un impact sur les capacités d'adsorption.

Ces substances doivent toujours répondre à la norme de pureté qui les accompagne. Ainsi, pour l'alumine activé en grains la norme qui s'impose est la norme NF EN 13753 (indice de classement : T94-431) - Produits utilisés pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

En effet, d'une manière générale, les supports de traitement (oxydes métalliques) ainsi que les produits utilisés dans leur fabrication doivent respecter les normes de pureté des produits destinés au traitement des eaux de consommation humaine.

Nature du dépôt	Paramètres importants à prendre en compte lors de la préparation des supports
dépôt des oxyhydroxydes de fer	<ol style="list-style-type: none"> 1. le pH de l'eau et la concentration en fer sont des paramètres très importants 2. la répartition entre les deux espèces - hydroxyde ferrique amorphe et ferrihydrite cristallisée - dépend des conditions de préparation et notamment de la température et des concentrations en fer 3. les oxyhydroxydes de fer formés dans des conditions différentes ont des propriétés d'adsorption différentes 4. le dépôt d'oxyde peut augmenter légèrement le diamètre des grains de sable et diminuer leur densité 5. les oxyhydroxydes de fer évoluent en fonction de l'âge du dépôt 6. les caractéristiques du dépôt sont la densité de la couche d'oxyde de fer, la résistance du dépôt à l'abrasion et la surface spécifique 7. la température de séchage joue un rôle très important sur les propriétés adsorbantes de l'oxyde de fer déposé
dépôt des oxyhydroxydes d'aluminium,	<ol style="list-style-type: none"> 1. l'adsorption est d'autant plus importante que le pH auquel s'effectue le dépôt est bas (pH 6 environ) 2. la préparation se fait, comme pour le fer, en partant d'une solution d'aluminium et en ajoutant peu à peu une solution de soude, le séchage étant réalisé à 70 °C
dépôt des oxydes de manganèse	Le dépôt s'effectue à partir de $KMnO_4$ en milieu basique et à chaud pendant 48 heures sur une solution de $MnCl_2$
dépôts mixtes	Des dépôts mixtes aluminium-fer et fer-manganèse peuvent être réalisés

III. Efficacité

A. Principe et avantages du traitement par des supports recouverts d'oxydes métalliques

Les supports recouverts d'oxydes métalliques remplissent plusieurs fonctions :

1. Ils améliorent la clarification de l'eau dans les étapes de filtration par un phénomène de rétention.

Le sable est un support naturellement chargé négativement et lorsque le traitement de coagulation est insuffisant, des colloïdes également chargés négativement sont mal retenus par la

filtration. Par contre la rétention peut être améliorée grâce à l'utilisation de supports de filtration neutres ou chargés positivement et, dans ce cas, la quantité de produit coagulant nécessaire est diminuée.

Les sables recouverts d'un dépôt d'oxydes métalliques peuvent être chargés positivement et, par suite, améliorer la filtration.

2. Ils ont des propriétés d'oxydoréduction.

3. Ils permettent l'adsorption sélective d'espèces minérales chargées, de composés organiques et de toxiques minéraux complexes.

En fonction du pH, les charges des dépôts d'oxydes peuvent changer et les sables recouverts peuvent retenir des formes cationiques ou des formes anioniques.

Comparée aux méthodes conventionnelles utilisées pour diminuer les concentrations en métaux lourds dans les eaux destinées à la consommation humaine (précipitations d'hydroxydes, de carbonates ou de sulfures dans une fourchette très étroite de pH suivie d'une séparation par filtration) l'utilisation de l'adsorption présente l'avantage d'élargir la fourchette de pH et de permettre notamment la rétention de CrO_4^{2-} , de SeO_2^{2-} et d' AsO_3^{3-} pour lesquels les méthodes conventionnelles sont inefficaces.

B. Conditions d'efficacité

L'adsorption et les rendements d'adsorption dépendent :

- du pH de l'eau : si le pH de l'eau filtrée est inférieur à 5, les ions H^+ entrent en compétition avec les éléments cationiques et des formes complexées peuvent se former à partir des ligands minéraux,
- de la concentration de l'élément à éliminer,
- de la présence d'interférents (ions compétitifs),
- de la taille des particules de sable.

Il en est de même pour les formes anioniques quand le pH est supérieur à 8.

En règle générale l'adsorption est très rapide et se réalise dans les 15 premiers centimètres du filtre mais des adsorptions lentes sont signalées lorsque qu'il y a des multi-adsorptions ou des rapports adsorbat/adsorbant élevés.

La qualité des eaux brutes et son pH influence directement l'efficacité de l'adsorption : pour les formes ammoniacuées il est préférable d'avoir des eaux légèrement acides ou neutres tandis que pour les formes cationiques il est préférable d'avoir des eaux légèrement alcalines ou neutres.

C. Taux d'abattement de certains polluants minéraux

L'efficacité varie en fonction des oxydes fixés sur le filtre. Les tableaux suivant présentent les éléments cationiques et anioniques adsorbés par les supports recouverts d'oxyhydroxydes de fer, d'oxyde de manganèse et d'oxyhydroxydes d'aluminium.

SUPPORTS RECOUVERTS D'OXYHYDROXYDES DE FER

Formes cationiques Classement des éléments par affinité décroissante : Pb > Hg = Cu > Zn = Fe > Cd > Co = Ni > Mn	
Fe²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - L'élimination est d'autant plus grande que la couche d'oxyde de fer est importante - La production de boues est réduite - L'adsorption est 20 à 25 fois plus importante sur un sable recouvert que sur un sable classique - Le fer adsorbé est oxydé sur le support d'où l'obtention de très bons résultats - L'adsorption du fer est fonction du pH et de la concentration en oxydant - L'adsorption du fer est accompagnée d'une libération d'ions H⁺ mais si le pH de l'eau diminue, la quantité de fer adsorbée diminue également - L'alcalinité de l'eau joue un rôle très important - Les quantités d'oxygène nécessaires sont de l'ordre de 2 mg/L - L'adsorption et la déferrisation biologique se produisent en même temps dans le support
Pb²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Les oxyhydroxydes de fer donnent de meilleurs résultats que les oxyhydroxydes d'aluminium pour l'adsorption - L'adsorption est fonction du pH de l'eau et diminue fortement avec un pH acide
Cu²⁺ Zn²⁺ Cd²⁺ Co²⁺ Ni²⁺ Hg²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Rétention en deux temps : adsorption rapide en surface puis diffusion dans les particules d'oxyde - Les oxydes de manganèse sont plus efficaces que les oxyhydroxydes de fer - Les oxyhydroxydes de fer sont plus efficaces que les oxyhydroxydes d'aluminium
UO₂²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Le pH doit être compris entre 4 et 10 - Pour un pH inférieur à 4 les ions H⁺ entrent en compétition et l'adsorption ne se fait pas - Pour un pH supérieur à 10 l'uranium est sous une forme qui n'est pas retenue et repasse en solution
PuO²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorption identique à celle de l'uranium

Formes anioniques Classement des éléments par affinité décroissante : OH⁻ > H₂AsO₄⁻ > H₂PO₄²⁻ > H₂SiO₄⁻ > F⁻	
As(III) As(V)	<ul style="list-style-type: none"> - Rôle important du pH : l'adsorption de l'arsenic trivalent ou pentavalent est fonction du pH de l'eau et si celui-ci est proche de la neutralité, les deux formes sont adsorbées simultanément - Rétention des formes tri et pentavalentes - Compétition avec les ions fluorures et phosphates - Capacité d'adsorption supérieure à celle des oxyhydroxydes d'aluminium mais inférieure à celle des oxydes de manganèse - L'adsorption conduit à des teneurs inférieures à 10 µg/L. S'il y a des ions interférents ou si les teneurs dans l'eau brute sont supérieures à 100 µg/L, il faut prévoir 2 étages d'adsorption en série.
Se(IV) Se(VI)	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorption sur oxyhydroxydes de fer des formes Se(IV) et Se(VI) - Rôle important du pH - Le système garantit une concentration inférieure à 10 µg/L
Sb(III) Sb(V)	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même que pour l'arsenic avec les mêmes rendements
Cr(III) Cr(VI)	<ul style="list-style-type: none"> - Seule l'adsorption sélective permet la rétention du chrome hexavalent - Les oxyhydroxydes de fer peuvent retenir jusqu'à 99% du chrome hexavalent - La présence d'arsenic pentavalent diminue l'adsorption du chrome. Dans ce cas il faut prévoir des adsorbants en série
PO₄³⁻	<ul style="list-style-type: none"> - Comportement analogue à celui de l'arsenic

SUPPORTS RECOUVERTS DE DIOXYDE DE MANGANESE

Formes cationiques Classement des éléments par affinité décroissante : Pb > Hg = Cu > Zn > Cd > Co > Mn	
Fe²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer : le fer s'adsorbe puis s'oxyde - Les oxydes de manganèse ont une meilleure efficacité que les oxyhydroxydes de fer - La production de boues est réduite - L'adsorption diminue si le pH diminue
Mn²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Cinétique d'adsorption dépendante du pH de l'eau (entre pH 6 et 8 perte d'efficacité d'adsorption de 80 %) et de la quantité de MnO₂ déposée sur le support - L'auto-oxydation de Mn²⁺ par MnO₂ nécessite un pH alcalin - L'oxydation de Mn²⁺ nécessite soit une oxydation chimique, soit une oxydation biologique - Deux étapes : adsorption sélective puis, dans certaines conditions, oxydation - Le manganèse adsorbé est rapidement oxydé par le chlore pour des pH allant jusqu'à 6,1 - l'efficacité ne dépend pas de la quantité de MnO₂ déposée mais surtout du nombre de sites d'échange
Pb²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer - Importance du pH : un pH acide diminue fortement l'adsorption
Cu²⁺ Zn²⁺ Cd²⁺ Co²⁺ Ni²⁺ Hg²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer - Les oxydes de manganèse sont plus efficaces que les oxyhydroxydes de fer et que les oxyhydroxydes d'aluminium
UO₂²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer
PuO²⁺	<ul style="list-style-type: none"> - Comportement identique à celui de l'uranium

Formes anioniques Classement des éléments par affinité décroissante : OH⁻ > H₂AsO₄⁻ > H₂PO₄²⁻ > H₂SiO₄⁻ > F⁻	
As(III) As(V)	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'adsorption des oxydes de manganèse supérieure à celle des oxyhydroxydes de fer et, pour la forme trivalente, supérieure à celle des oxyhydroxydes d'aluminium - Adsorption de l'arsenic trivalent puis oxydation en arsenic pentavalent - Limite de qualité dans l'eau : 10 µg/L - Rétention des formes tri et pentavalentes - Rôle important du pH : un pH alcalin (> 8) diminue fortement l'adsorption - Compétition avec les ions fluorures et phosphates - L'adsorption conduit à des teneurs inférieures à 10 µg/L. S'il y a des ions interférents ou si les teneurs dans l'eau brute sont supérieures à 100 µg/L, prévoir 2 étages d'adsorption en série.
Se(IV) Se(VI)	<ul style="list-style-type: none"> - Idem que pour l'arsenic
Sb(III) Sb(V)	<ul style="list-style-type: none"> - L'action est la même que pour l'arsenic - L'adsorption conduit à des teneurs inférieures à 10 µg/L. S'il y a des ions interférents ou si les teneurs dans l'eau brute sont supérieures à 100 µg/L, il faut prévoir 2 étages d'adsorption en série.
Cr(III) Cr(VI)	<ul style="list-style-type: none"> - Pour un pH compris entre 4 et 7 le chrome trivalent est oxydé en chrome hexavalent et le chrome hexavalent est adsorbé sélectivement sur les oxydes de manganèse
PO₄³⁻	<ul style="list-style-type: none"> - comportement analogue à celui de l'arsenic

SUPPORTS RECOUVERTS D'OXYHYDROXYDES D'ALUMINIUM¹ ET D'ALUMINE ACTIVEE

Formes cationiques	
Pb²⁺	- L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer - Importance du pH : le pH doit être supérieur à 6
Cu²⁺ Zn²⁺ Cd²⁺ Co²⁺ Ni²⁺ Hg²⁺	L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer

Formes anioniques	
As (V)	- L'action est la même qu'avec les oxyhydroxydes de fer
Se (IV) Se (VI)	- Limite de qualité dans l'eau : 10 µg/L - L'adsorption de la forme Se (IV) est meilleure que celle de la forme Se (VI)
Sb (V)	- L'action est la même que pour l'arsenic
PO₄³⁻	- Comportement analogue à celui de l'arsenic
F⁻	- L'adsorption sur les oxyhydroxydes d'aluminium est possible comme avec les oxyhydroxydes de fer mais les meilleurs résultats sont obtenus avec l'alumine activée thermiquement

D. Efficacité sur les matières organiques et les micro-organismes

L'adsorption des matières organiques, notamment des acides humiques, est réalisée sur les trois oxydes. Les oxydes de manganèse sont plus efficaces que les oxyhydroxydes de fer eux-même plus efficaces que les oxyhydroxydes d'aluminium.

Concernant l'adsorption des microorganismes, des données montrent que si la filtration sur support recouvert d'oxydes métalliques permet d'abattre les teneurs en microorganismes dans les eaux, elle doit toujours être suivie ou intégrée dans une chaîne de traitement comportant une désinfection par un produit biocide pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

Les microorganismes chargés négativement s'adsorbent sur les oxyhydroxydes de fer positifs pour former un biofilm mais, lorsque les charges positives sont saturées, les microorganismes n'ont plus de sites d'attache et restent en suspension dans l'eau.

Adsorption sélective des micro-organismes	
Oxyhydroxydes de fer, Oxydes de manganèse	Abattement des bactéries de 1 à 2 log Abattement des virus de 1 à 2 log, Abattement modéré des oocystes de <i>Cryptosporidium</i> ,
Oxyhydroxydes d'aluminium, alumine activée	Abattement des bactéries de 1 à 2 log Abattement des virus de 1 à 2 log, les oxyhydroxydes de fer étant plus efficaces que les hydroxydes d'aluminium Abattement plus efficace des oocystes de <i>Cryptosporidium</i> , les oxyhydroxydes de fer étant plus efficaces que les hydroxydes d'aluminium

¹ l'absence de données ne permet pas de proposer un classement des éléments par affinité décroissante

IV. Cycle de vie d'un sable, rejets à traiter

A. Mise en œuvre

Ces procédés n'exigent pas de précautions particulières à prendre pour le transport, l'installation ou la manipulation des sables.

Le nettoyage se fait par rinçage avec l'eau.

La désinfection finale peut se faire avec de l'eau chlorée.

B. Production de sous produits de traitement

Comme pour la filtration classique, une nitrification par des bactéries fixées dans le filtre est possible si l'eau contient des ions ammonium et si le pH est neutre ou alcalin.

Si le pH est inférieur à 6, ce phénomène ne peut pas avoir lieu.

C. Traitement de régénération à l'issue des colmatages ou d'un phénomène de saturation (produits à manipuler, rejets des produits de régénération et de nettoyage)

La rétention des éléments dépend de la saturation des sites d'adsorption. Très efficace au début, ce support le devient de moins en moins au fur et à mesure de la saturation des sites et il est alors nécessaire de régénérer le filtre et de le nettoyer. On ne parle donc pas de rendement. La durée de saturation d'un filtre dépend de la concentration en élément à adsorber et de la vitesse de filtration.

Plusieurs étages de traitement par des oxydes métalliques peuvent être mis en série.

La régénération des supports peut se faire soit par un traitement acide-basique, soit par oxydoréduction. Les supports peuvent être régénérés plusieurs dizaines de fois sans perdre leur propriété.

Les effluents obtenus lors de la régénération ne doivent pas être éliminés dans le milieu naturel mais traités de façon appropriée dans le respect de la réglementation.

Après une étape de régénération, un lavage du filtre doit être réalisé et il convient alors de s'assurer qu'aucun résidu de produit utilisé lors de cette étape ne se retrouve dans l'eau traitée.

Le nettoyage des filtres peut se faire par lavage à contre-courant et, dans ce cas, les vitesses de l'eau de lavage doivent être contrôlées pour éviter les pertes de sable car les dépôts d'oxydes à la surface des grains peuvent diminuer la densité du sable.

Concernant les supports recouverts d'oxydes de manganèse, l'ajout d'air dans le lavage à contre courant conduit à une meilleure régénération du dépôt et il en va de même si on utilise une eau chlorée.

Les eaux de lavage ne doivent pas être éliminées dans le milieu naturel mais doivent être traitées spécifiquement.

D. Fin de vie

Normalement le matériau dure très longtemps (environ 10 ans). La granulométrie change par perte des parties les plus fines. Les supports doivent être éliminés selon les règles en vigueur.

V. Suivi spécifique sur site

Lorsqu'un filtre utilisant un matériau recouvert d'oxydes métalliques est installé sur un site, il est nécessaire de suivre la saturation du matériau.

Lorsque des essais sur pilote sont réalisés avec l'eau à traiter et que l'on connaît la capacité d'adsorption, il faut avoir une information sur le volume d'eau filtrée.