

La dépollution par les plantes



Sommaire

Accueil

Les polluants:origines et conséquences

La dépollution des métaux lourds

La dépollution des nitrates

La dépollution des hydrocarbures

Conclusion

Glossaire

Sitographie

LA PHYTOREMEDIATION

Images

Quizz

Vidéos

Ces TPE ont été réalisé par le groupe FYP qui réunit Pierre Seny Dieye, Falilou M'backé Sène et Yaya Djibril Dia en classe de première SFB au Cours Sainte Marie de Hann, Dakar, SÉNÉGAL
Année:2008-2009

Navigation

Plan du site

La dépollution des nitrates

1-Par Phytoremédiation

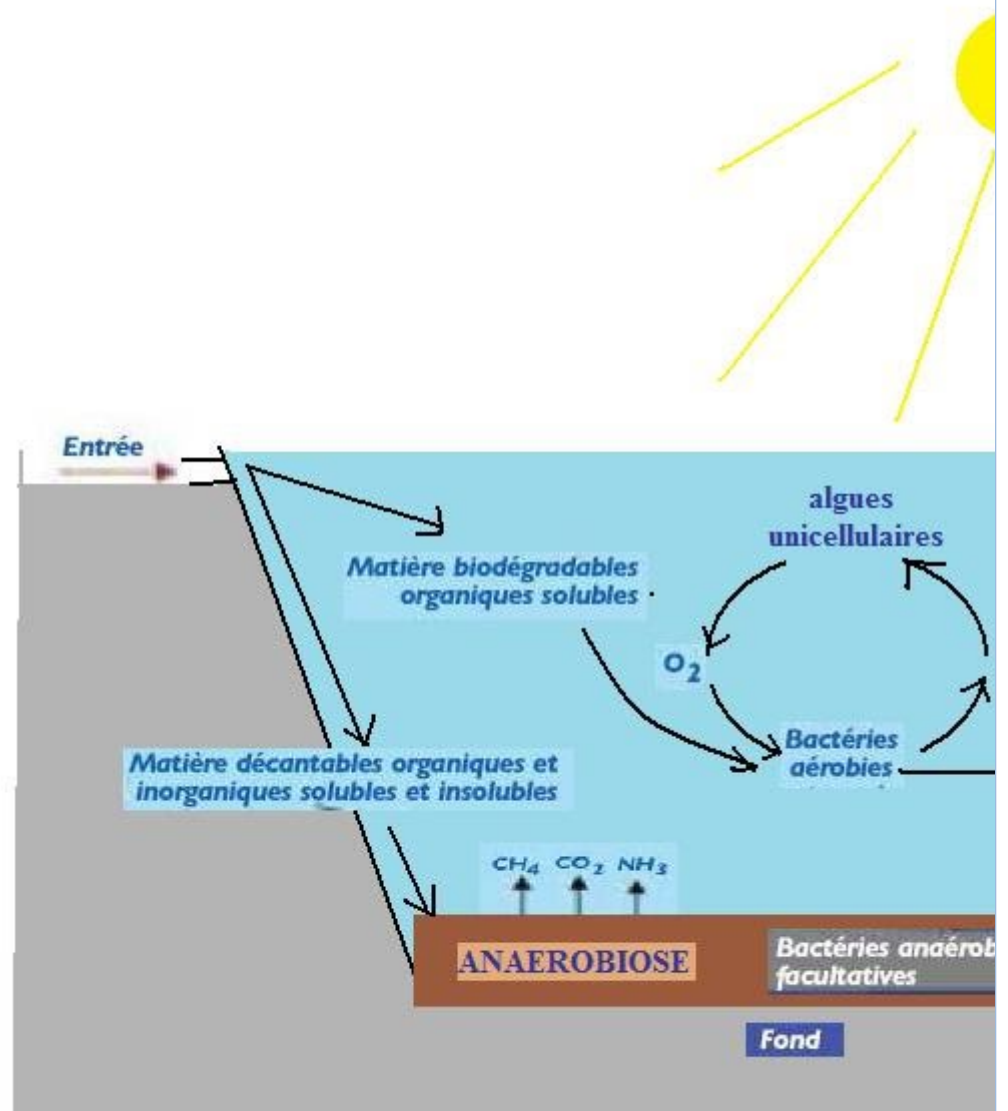
Dans le cas des nitrates des eaux usées, la dépollution par les plantes se fait par phytoépuration. Le lagunage à microphytes, à macrophytes ou encore le bassin de finition à hydrophytes sont différents type de phytoépuration que la plupart du temps ont intègre ensemble dans un système d'épuration lorsqu'on le met en œuvre afin de dépolluer les nitrates et ainsi éviter ces effet néfastes. En effet les nitrates sont d'abord dégradés s'ils font partis de [composés organiques](#) puis accumulés comme les métaux lourds. Nous étudierons donc la technique du lagunage, considérée comme une technique de filtration naturelle ou ces trois bassins sont mis en place et verrons comment les nitrates à travers ces bassins sont transformés par les plantes, et ainsi diminués de façon à obtenir un niveau acceptable de concentration de cet élément et éliminer des eaux par les plantes dans cette partie. Cette technique est aujourd'hui couramment utiliser dans presque toutes les stations d'épurations pour dépolluer les eaux chargées de plusieurs autres polluants que les nitrates. Nous présenteront aussi une unité de phytoremédiation des nitrates bassées à Enköping, en Suède.

A) Le lagunage à microphytes

L'eau hautement arrive dans le bassin après après un « dégrillage » et un passage dans un bac dégraisseur. La présence d'une pellicule graisseuse compromettrait le bon fonctionnement du système. Ce premier bassin comme son nom l'indique est composé de plantes microscopiques qui sont généralement des algues unicellulaires. Le but de ce bassin est de transformer les déchets en nitrates pour que plus tard les plantes puissent les consomme et éviter ainsi que ces éléments se dégradent de la nature de façon incontrôlé et polluent les cours d'eau. Cela évite aussi la toxicité de ces matières organiques dans l'environnement. Ce processus donc repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries [autotrophes](#).

Le mécanisme de base sur lequel repose ce système est la [photosynthèse](#). La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la

lumière. En effet, grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique en matière inorganique appelé aussi minéralisation. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques. Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique. En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau.



B) Le lagunage à macrophyte

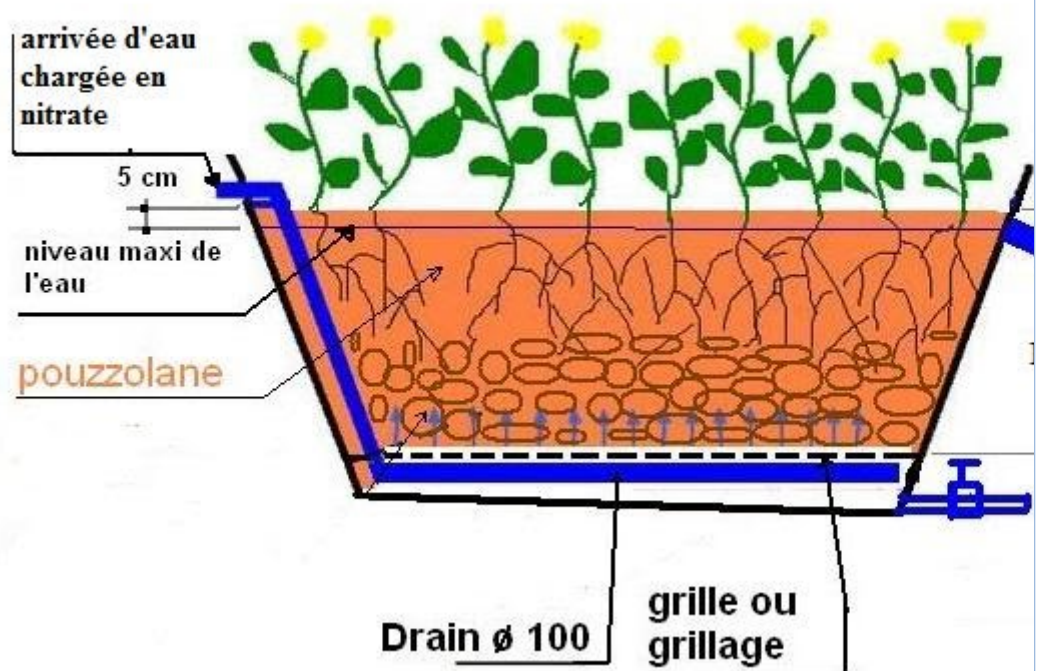
Dans ce cas, l'eau chargée en nitrates ayant subi sa première transformation va se retrouver dans le bassin des macrophytes ou plantes. Dans ce bassin on y trouve donc une plantation de végétaux capables de fixer des colonies de bactéries sur la base de leurs tiges et leurs rhizomes (tiges souterraines), ce qui améliore les performances des organismes épurateurs (phytostimulation). Par ailleurs, ils absorbent par leurs racines une partie (10 % environ) des nitrates issus de la décomposition de la matière organique présente dans les eaux usées.

La lagune ici est caractérisée par la présence abondante de végétaux. Ces plantes (ex: des roseaux, des massettes, des joncs, des iris, des aulnes) sont réputées par leurs capacités épuratives. L'apparition de zooplancton (daphnies, cyclopes) permet d'améliorer la filtration de l'eau. Il s'établit ainsi des chaînes alimentaires entre les bactéries, le phytoplancton, le zooplancton et les végétaux. Ce qui élimine au final près de la moitié du nitrate de l'eau.

Il faut enlever après un certain temps les parties aériennes des macrophytes les plus vieilles afin d'éviter qu'elles ne se décomposent pas sur place, ce qui aurait pour conséquences de remettre en circulation finalement les nitrates absorbés.

Voici un exemple d'une installation d'un lagunage à macrophyte où l'eau arrive sous pression sous les plantes, plantées dans de la pouzzolane (roche basaltique) grâce à un drain. Cette eau, après un séjour d'environ 70 jours dans ce milieu sera ensuite envoyée dans un autre bassin.

- le volume du lagunage doit correspondre à 1/3 du volume du bassin.
- Le volume d'arrivée d'eau oxygénée doit être de 1/4 du volume du bassin.



C) Le bassin de finition

La lagune hébergeant des plantes poussant sous l'eau (hydrophytes) et servant de bassin de finition. Parmi les espèces utilisables, citons les fougères aquatiques du genre *Azolla*, jacinthe d'eau, les renoncules aquatiques, les myriophylles, les cornifles et les élodées. Le séjour prolongé de l'eau au contact des hydrophytes permet une absorption importante des nitrates, ce qui évite l'eutrophisation du milieu naturel récepteur. L'oxygène émis par les plantes favorise l'oxydation des ions ammonium résiduels. Là où il n'existe pas d'exutoires satisfaisants, les eaux du bassin de finition peuvent être épandues de façon diffuse dans un système boisé qui servira de piège pour les nitrates résiduels. L'eau ainsi traitée et débarrassée de la plupart de ces polluants peut retourner dans les cours d'eaux ou les nappes phréatiques avec une concentration acceptable en nitrate.

Les systèmes décrits ci-dessus peuvent fonctionner de façon isolée, mais c'est leur association qui aboutit aux meilleures performances en allongeant notamment le temps de séjour de l'eau dans l'installation.

D) Les plantes utilisées

Le tableau ci-dessous répertorie les plantes utilisées pour le lagunage. Pour l'utilité (efficacité d'épuration) et l'attrait (le côté esthétique) ce tableau présente des indices qui sont sur 100. De plus, la profondeur indiquée correspond à l'immersion moyenne par mètre. Ces caractéristiques sont essentielles pour le choix des plantes.

Nom des plantes	Utilité	Attrait	Prof.	Remarques
<i>Acorus calamus variegatus</i>	25	85	- 10	Variété panachée très déc
<i>Alisma sp</i>	25	65	- 15	Se ressème facilement
<i>Aponogeton distachyos</i>	35	100	- 30	Supporte l'ombre, colonise
<i>Butomus umbellatus</i>	50	80	-10	Ombelle rose décorative
<i>Caltha palustris</i>	30	100	- 5	Floraison et végétation pri

Carex sp.	30	50	- 5	Bonne colonisation
Cyperus longus	50	75	- 15	Forte colonisation
Glyceria maxima	75	75	- 10	Bonne croissance
Hippuris vulgaris	85	75	-30	Feuillage original
Iris pseudacorus, versicolor(iris)	50	100	- 20	Floraison printanière
Juncus sp.(jonc)	50	70	- 10	Forme des touffes assez c
Mentha aquatica	75	75	- 10	Floraison estivale
Menyanthes trifoliata	75	75	- 15	Floraison printanière
Oenanthe aquatica variegata	70	70	- 15	Variété à feuillage panache
Phalaris arundinacea	70	50	- 15	Bonne colonisation
Phragmites australis et var.	70	60	- 10	Feuillage panaché intéress
Plantes flottantes	90	90	0	(Eichhornia, Pistia, Lemna
Plantes oxygénantes	100	50	-50	(Elodées, Tillae, Myriophyl
Preslia cervina	50	70	- 10	Floraison abondante bleue
Ranunculus flammula et lingua	80	80	- 15	Floraison jaune
Sagittaria sp.	80	100	- 15	Déphosphatante, floraison
Saururus cernuus	70	80	-15	Feuillage intéressant
Scirpus lacustris et var.	50	100	- 50	Variétés panachées très d
Stachys palustris	80	100	- 10	Bonne colonisation
	70	90	- 15	

Typha sp.				Forte colonisation
Typha minima et latifolia var.	70	90	0	Ne supporte pas l'immersion
Zizania latifolia	70	90	- 15	Grande végétation (2 mètres)

Voici quelques principales plantes utilisées dans le lagunage:





Joncs

Phragmites



Iris

E)Exemple d'élimination des nitrates des eaux usées par phytoremédiation en Suède.

Pendant les années 90, de grandes plantations de saules dotées de systèmes d'irrigation au goutte à goutte ou par aspersion ont été établies à proximité d'usines de traitement des eaux usées pour améliorer l'efficacité du traitement de l'azote, tout en produisant de la biomasse irriguée à l'aide de ces eaux. On estimait que si la production de

biomasse atteignait 10 tonnes de matière sèche par hectare, et que la concentration de nitrate dans les pousses de saule était de 0,5 pour cent, on aurait éliminé des champs 50 kg de nitrate par hectare chaque année au moment de la récolte. Toutefois, les résultats de la recherche ont montré que la rétention de nitrate dans les taillis à courte révolution des saules peut dépasser 200 kg de nitrate par hectare et par an, en raison de la dénitrification et de l'accumulation à long terme des nitrates dans le sol.

A Enköping, une ville d'environ 20 000 habitants dans le centre de la Suède, un système novateur a été introduit. Les eaux usées riches en nitrates provenant de la déshydratation des boues, qui jadis étaient traitées dans l'usine, sont maintenant répandues sur une plantation adjacente de saules de 75 ha pendant la saison de végétation. Ces eaux contiennent environ 800 mg de nitrate par litre et représentent quelque 25 pour cent du nitrate total entrant dans l'usine de traitement des eaux usées. Les eaux sont pompées dans des bassins de stockage revêtus pendant l'hiver et utilisées pour irriguer les saules pendant l'été (de mai à septembre). Le système a été conçu de manière à pouvoir appliquer les eaux traitées selon les méthodes traditionnelles pour stimuler la croissance des plantes. Les saules sont irrigués pendant environ 120 jours chaque année.

Le système permet de traiter quelque 11 tonnes de nitrate par an dans un volume d'eaux usées d'irrigation de 200 000 m³, dont 20 000 proviennent de la déshydratation des boues après décantation et centrifugation. L'irrigation cesse automatiquement pendant les journées pluvieuses. Les taux d'irrigation atteignent une moyenne journalière de 2,5 mm environ pendant la saison de végétation.

Ci-dessous le site avec une usine de traitement des eaux usées (au premier plan), des bassins de stockage hivernal des eaux usées (au fond) et des plantations de saules irriguées à l'aide des eaux usées provenant des boues d'épuration



2-Par Procédés physico-chimiques

Pour dépolluer une eau chargée en nitrates il existe deux principales méthodes par procédés physico-chimiques. D'abord, on a le traitement des eaux par échange d'ions. Ce procédé est assez ancien (depuis 1974) et est le plus utilisé aujourd'hui. Ensuite on retrouve les procédés membranaires, rarement mis à l'oeuvre qui regroupent les techniques de l'osmose inverse et l'électrodialyse.

A) L'échange ionique

L'échange ionique est un procédé qui consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute sur un support insoluble, appelé échangeur d'ions, qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions dont la présence n'est pas gênante. L'échangeur d'ions possède une capacité limite de stockage sur son support (capacité d'échange ionique) et doit être régulièrement régénéré, par une solution fortement concentrée d'ions choisis. Dans le cas de l'élimination des nitrates, on utilise principalement des résines de type anionique (échangeurs d'anions). Comme la plupart des échangeurs, ces résines se présentent sous forme de billes de diamètre compris entre 0,4 et 0,8 mm.

Si on désigne par (R+), les groupements structuraux et fixes de la résine, la réaction peut se résumer de la façon suivante :



L'ion échangeable X- peut être Cl-(chlorure) ou HCO₃⁻ (Hydrogénocarbonate)

Les anions nitrates ne sont pas les seuls retenus. Il existe même une sélectivité différente suivant l'espèce anionique. Des plus retenus aux moins retenus, l'ordre généralement cité est :

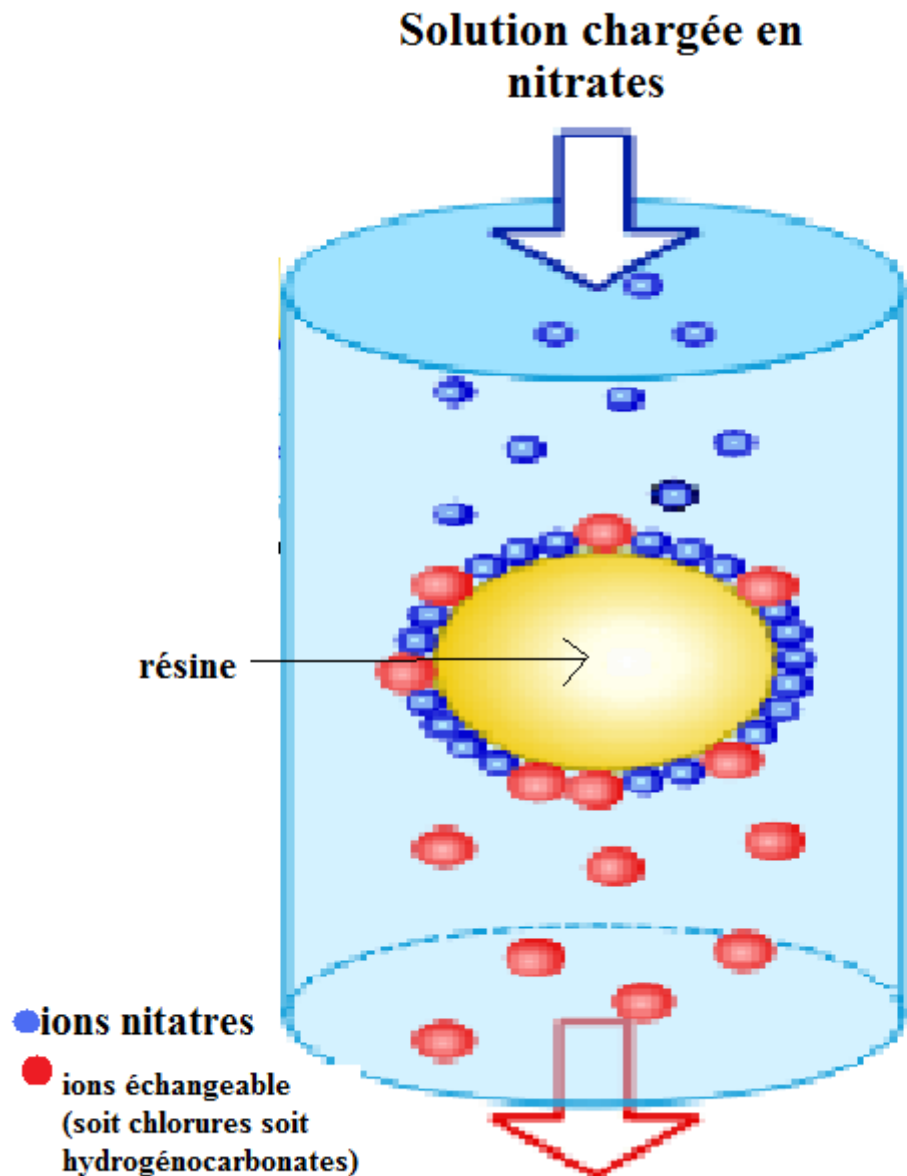


Ainsi, une eau riche en sulfates pourra être gênante dans l'élimination des nitrates, la résine fixant préférentiellement les sulfates.

Lorsque les concentrations des éluats se modifient, que celle des nitrates augmente, on considère que la « fuite en nitrate » est significative de la saturation de l'échangeur. Il est nécessaire de le régénérer donc. Toutefois, la fixation sur le support est réversible. Si l'on fait percoler une solution très concentrée en ions chlorures ou hydrogénocarbonates, ceux-ci se refixeront sur la résine qui libérera ainsi les nitrates. Ce qui est un inconvénient pour cette technique. Cependant, lors de son utilisation, d'autres techniques pour éviter cela sont mises en oeuvre, notamment l'utilisation d'un nombre varié de type

de résine. Cette technique a pour avantages une faible consommation d'énergie, et une élimination total d'une grande partie du nitrate de l'eau.

Le schéma ci-dessous présente le mécanisme d'échange ionique pour les nitrates:



B) L'osmose inverse

Pour définir ce procédé, il faut d'abord définir la notion d'osmose. L'osmose est basée sur le principe fondamental de l'équilibre. Lorsque deux liquides contenant différentes concentrations de solides dissous sont mis en contact, ils se mélangent jusqu'à avoir une concentration semblable. Lorsque ces deux liquides sont séparés par une membrane semi-perméable (laquelle laisse passer les liquides tandis que les solides

dissous restent dans leur compartiment), le liquide contenant la plus faible concentration de solides dissous va traverser la membrane pour aller dans le liquide contenant la plus forte concentration de solides dissous. Après un temps donné, le niveau de l'eau sera plus élevé d'un côté de la membrane. La différence de hauteur est appelée pression osmotique.

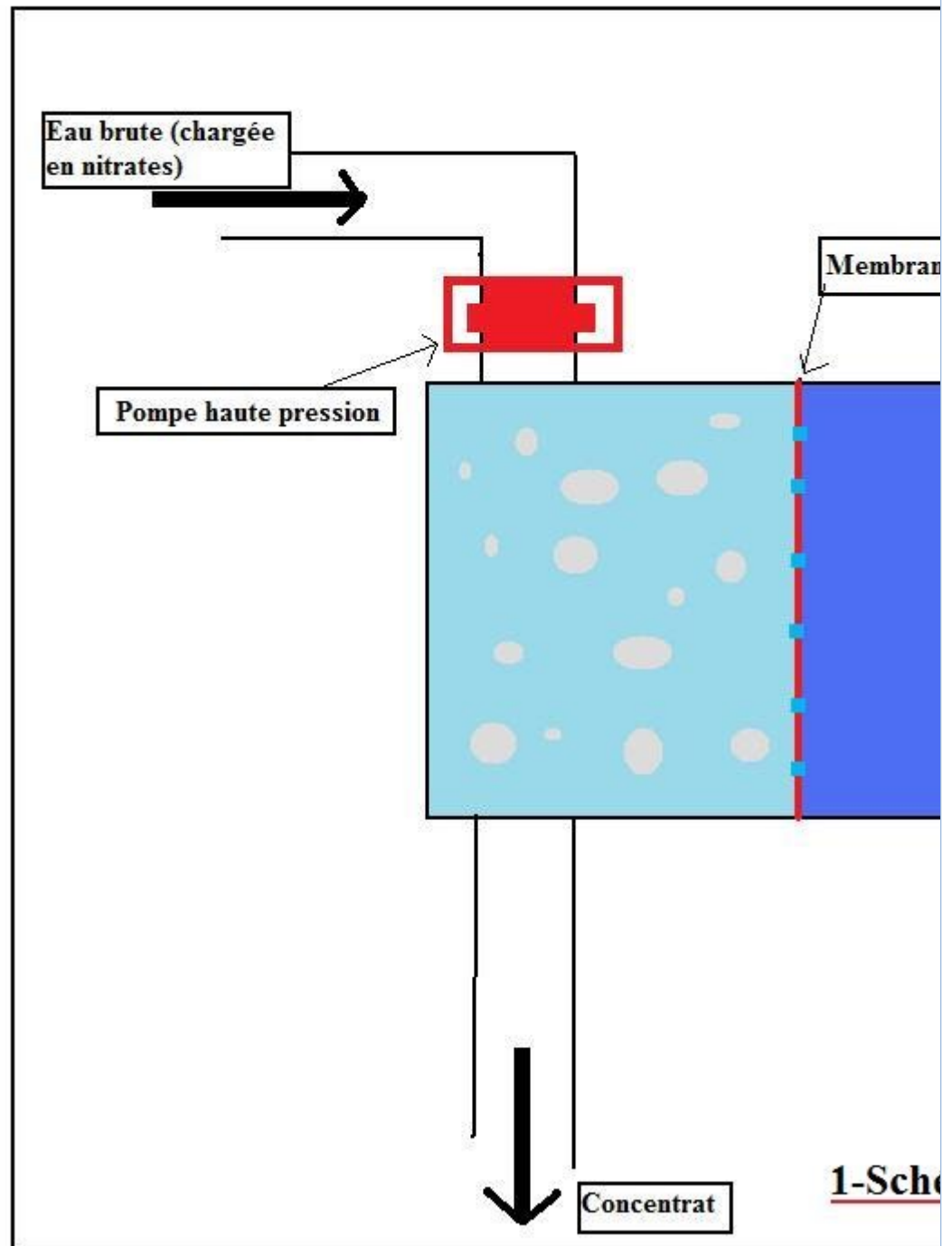
En appliquant une pression supérieure à la pression osmotique, l'effet inverse se produit. Les liquides sont refoulés au travers de la membrane, laissant les solides dissous derrière. On force l'eau de la solution à concentration élevée en nitrates à aller dans la solution douce en pressurant l'eau à une pression d'opération supérieure à la pression osmotique. Les membranes (planes ou fibres creuses) sont assemblées en modules.

Le rendement dépend de la pression appliquée, de la concentration du soluté, du flux demandé en eau traitée. Il peut varier de 85 à 95 % (pression 30 à 60 bars). Les teneurs obtenues en nitrates sont inférieures à 10 mg/l à la fin.

Les limites d'utilisation du procédé sont les suivantes :

- le traitement n'est pas spécifique ; il modifie la qualité initiale de l'eau et pourrait provoquer à dire d'experts certains troubles intestinaux plus ou moins graves.
- il y a présence de rejets concentrés.

Les avantages sont liés à l'absence de régénération. Par ailleurs, ce procédé pourra peut-être se développer avec l'introduction de nouvelles membranes plus spécifiques.



C) L'électrodialyse

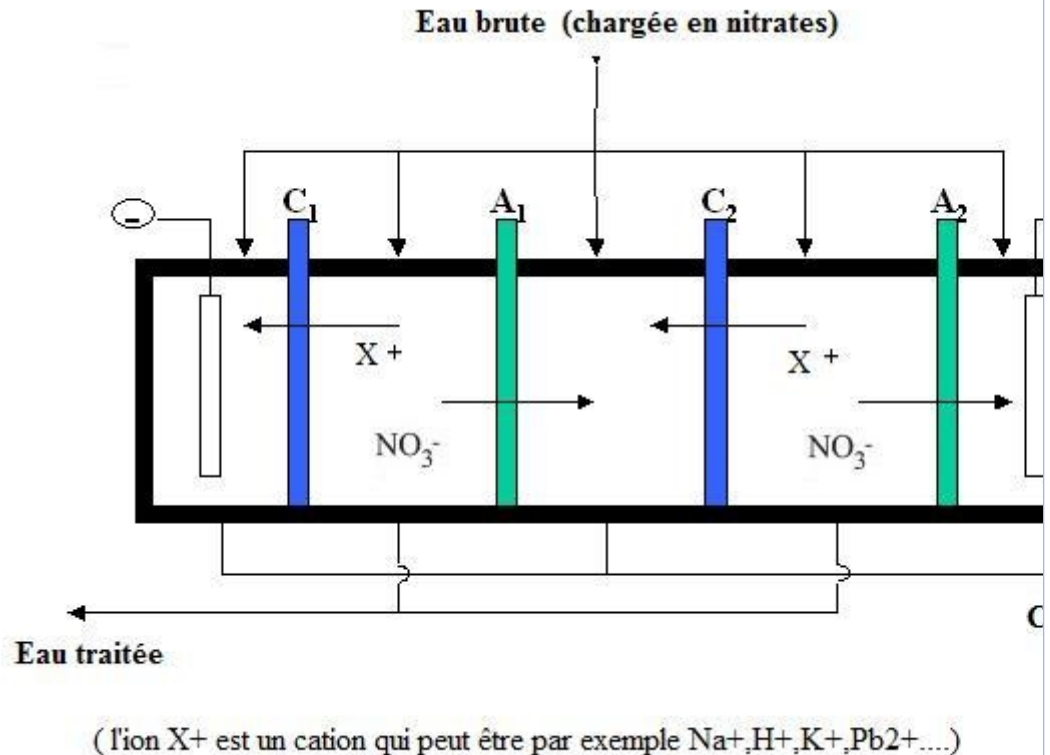
Le principe de l'électrodialyse est l'application d'un courant continu entre les électrodes d'une cellule, constituée par un empilage de membranes semi-perméables et alimentée en eau riche en nitrates. L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membranes cationique. En plaçant plusieurs membranes en parrallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatif, on peut éliminer certain ions de l'eau. On obtient dans certains

compartiments un rejet concentré en nitrates et dans d'autres de l'eau déminéralisée.

La mise en oeuvre nécessite l'utilisation de membranes sélectives qui permettent de retenir les nitrates.

Les rendements obtenus pour l'élimination des nitrates peuvent atteindre 40 à 60 %. Les limites d'utilisation et avantages sont les mêmes que pour l'osmose inverse. L'avantage de ce procédé est qu'il conserve toute son efficacité quels que soient la teneur initiale en nitrates, la température ou le débit de l'eau.

Ce procédé est en cours d'expérimentation et est donc très rarement utilisé pour la dépollution des nitrates.



3-Bilan

Dans cette partie nous avons pu voir que la technique de lagunage est une technique naturelle qui élimine au fur et à mesure les nitrates des eaux. Cependant les procédés physico-chimiques tel que l'échange ionique présent aussi beaucoup d'intérêts, notamment le fort taux d'élimination des nitrates des eaux bien qu'elles soient coûteuses et demande beaucoup d'énergie pour certains (osmose inverse et électrodialyse). Par ailleurs, la phytoremédiation des nitrates de l'eau fait appelle à une grande emprise foncière (ex 75 hectares pour Enköping) et fonctionne aussi principalement sur la durée. En effet il faut un délai assez long pour obtenir des résultats satisfaisants. La technique du phytoépuration s'inscrira donc dans un cadre de développement durable. Par contre l'avantage cette technique réside

dans son intégration parfaite dans l'environnement. Il apporte une touche végétale supplémentaire et ne doit pas nécessiter d'entretien compliqué, à part un ajout bactérien régulier dans le cas du lagunage à microphyte.

L'exemple de la station de Enköping montre que la phytoremédiation serait un complément aux procédés physico-chimiques utilisés et qu'elle pourrait s'intégrer totalement dans ces types d'unité, faisant aussi bien que les procédés physico-chimiques, le travail d'élimination des nitrates des eaux.

Revenir en haut de page.