

Chimie et développement durable SEPARATION ET PURIFICATION	<u>L'EAU AU LABORATOIRE</u>
L'eau au laboratoire	

Dans un laboratoire de chimie, l'eau est une matière d'œuvre essentielle. Elle est le solvant de presque toutes les solutions que nous sommes amenés à préparer.

Dans un laboratoire de chimie, l'eau doit répondre à trois critères principaux :

- Son pH doit être le plus proche possible de 7
- Sa concentration en chlorure doit être la plus faible possible
- Sa dureté (quantité d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dissous) doit être la plus faible possible.

Elle n'est pas potable d'un point de vue bactériologique.

Nous allons développer les différentes méthodes de production d'eau distillée au laboratoire, leurs avantages et leurs inconvénients.

Activité documentaire : suivez les liens suivants et complétez la partie I. Les différents dispositifs de production d'eau pour le laboratoire en présentant en quelques lignes le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients du dispositif.

[Technologies de purification de l'eau](#)

[Distillateur d'eau professionnel](#)

[Osmoseurs](#)

I . Les différents dispositifs

1. Les distillateurs

2. Les osmoseurs

3. Les filtres à charbons actifs.**4. L'eau déminéralisée ou eau permutée.**

Les ions en solution dans l'eau (chlorures, calcium, magnésium, etc.) sont échangés sur des résines contre des ions : $H^+_{(aq)}$ pour les cations et $HO^-_{(aq)}$ pour les anions.

Lorsque la résine est épuisée, il faut la régénérer avec une solution d'acide concentré d'une part et avec une solution de soude concentrée d'autre part.

Pour l'eau affinée, seuls les cations sont échangés par l'ion $Na^+_{(aq)}$. La résine est régénérée avec une solution concentrée de NaCl.

II. Qualité des différentes eaux

Les paramètres étudiés sont les suivants: pH, taux de chlorure et dureté de l'eau.

On peut analyser ces différents paramètres, soit qualitativement, soit quantitativement.

L'analyse qualitative permet de déterminer la nature des éléments chimiques présents dans un composé, et l'analyse quantitative a pour but de doser un ou plusieurs de ses constituants.

1. Aspect qualitatif

	Test nitrate d'argent (chlorure)	Test phosphate d'ammonium (ions responsables de la dureté)	pH
Distillée			
déminéralisée			
Filtrée			
Osmosée			
Eau du robinet			

Légende: O: rien de significatif ; +: un peu; ++: beaucoup; +++: très important

Remarque : Attention aux limites de sensibilité de ces tests !

2. Aspect quantitatif

➤ **Degré hydrotimétrique des eaux (voir TP résine échangeuse d'ions)**

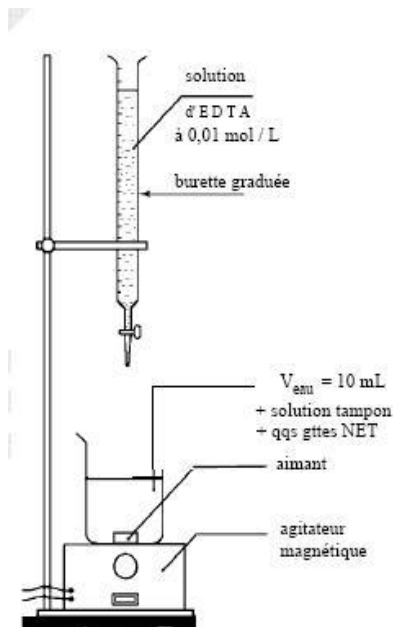
Résultats d'autres dosages réalisés sur l'eau du robinet et l'eau filtrée sur charbon actif.

On utilise une solution d'EDTA à 0,01 mol/L avec un volume d'essai de 10 mL. On ajoute 1 mL de solution tampon et 2 mL d'indicateur NET.

On rappelle qu'un degré hydrotimétrique (°TH) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} égale à $C=10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Une eau douce correspond à environ 15 ° TH, dure de 15 à 35 ° TH et très dure à plus de 35 ° TH

	Volume équivalent 1	Volume équivalent 2	Concentration en Ca^{2+} et Mg^{2+}	° TH
Robinet	5,2 mL	5,1 mL	$2,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$	25,8
Filtrée	1,9 mL	1,8 mL	$9,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$	9,25



I . Les différents dispositifs

1. Les distillateurs

La distillation est la technique la plus utilisée.

La méthode est simple : on distille en continu l'eau du robinet. Les impuretés restent dans le fond du distillateur.

Les distillateurs disponibles sur les catalogues ne sont pas un trop gros investissement et s'entretiennent relativement facilement.

Exemple : [Distillateur d'eau professionnel](#) 100L

Leur prix d'achat est d'environ 4000 €. Chaque pièce peut ensuite être achetée individuellement.

Ils ont cependant trois inconvénients majeurs :

- coût énergétique important : la thermistance ayant une puissance de 1225 W.
- le débit horaire : le constructeur annonce 4L/h. Dans la pratique, il faut régler correctement le débit d'arrivée d'eau, ce qui est parfois délicat.
- la conception : lors de la distillation de l'eau, toutes les impuretés se déposent dans la cuve. Ce qui fait que l'appareil s'entraine très vite et nécessite un entretien régulier.

2. Les osmoseurs

L'osmose inverse est un procédé de séparation physique.

L'eau traverse une membrane constituée d'une multitude de pores microscopiques. La plupart des entités chimiques en solution dans l'eau, beaucoup plus grosses que les molécules d'eau et souvent chargées, ne peuvent traverser cette membrane.

L'eau osmosée est quasi pure. Elle ne comporte pratiquement plus de métaux lourds, de chlorures et sa dureté est très faible. De plus, l'appareil n'a besoin que d'un accès d'eau et ne consomme pas d'énergie. Voir [Osmoseurs](#)

Le système pourrait sembler presque parfait pour les besoins d'un laboratoire de chimie. Cependant, les appareils sont assez chers et leur débit est assez faible. Le laboratoire doit disposer d'une pression d'eau assez confortable pour pouvoir faire fonctionner l'osmoseur au mieux. Des prétraitements de l'eau sont nécessaires, afin d'éviter l'endommagement des membranes par des polluants.

C'est un système à réserver pour des besoins très spécifiques en eau purifiée.

3. Les filtres à charbons actifs.

Il existe deux types de filtres à charbons actifs : les filtres à cartouche et le filtre-presses.

Le principe est assez simple : l'eau s'écoule à travers les minuscules pores d'un charbon actif. Les particules plus grosses que les pores sont retenues tandis que les autres traversent sans encombre. Les particules retenues sont liées chimiquement au charbon actif.

Ces filtres retiennent les matières en suspension, les grosses particules, les métaux lourds et le chlore dans une certaine limite. Ces filtres sont enrichis en argent qui a une action toxique sur les germes et les microbes.

Les carafes achetées dans le commerce, basées sur les filtres à charbon actif ont une action limitée sur l'épuration de l'eau et visent surtout à en améliorer son goût. Cependant, leur coût très faible et leur mise en œuvre assez simple peuvent être intéressants pour un laboratoire d'enseignement ne disposant pas de beaucoup de moyens. Comme nous le verrons par la suite, le système peut se révéler intéressant au laboratoire même s'il est très limité.

4. L'eau déminéralisée ou eau permutée.

Les ions en solution dans l'eau (chlorures, calcium, magnésium, etc.) sont échangés sur des résines contre des ions : $H^+_{(aq)}$ pour les cations et $HO^-_{(aq)}$ pour les anions.

Lorsque la résine est épuisée, il faut la régénérer avec une solution d'acide concentré d'une part et avec une solution de soude concentrée d'autre part.

Pour l'eau affinée, seuls les cations sont échangés par l'ion $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$. La résine est régénérée avec une solution concentrée de NaCl.

II. Qualité des différentes eaux

Les paramètres étudiés sont les suivants: pH, taux de chlorure et dureté de l'eau.

On peut analyser ces différents paramètres, soit qualitativement, soit quantitativement.

L'analyse qualitative permet de déterminer la nature des éléments chimiques présents dans un composé, et l'analyse quantitative a pour but de doser un ou plusieurs de ses constituants.

1. aspect qualitatif

	Test nitrate d'argent (chlorure)	Test phosphate d'ammonium (ions responsables de la dureté)	pH
Distillée	0	0	5,6
déminéralisée	0	0	5,0
Filtrée	+	0	6,8
Osmosée			
Eau du robinet	++	+++	7,5

Légende: 0: rien de significatif ; +: un peu; ++: beaucoup; +++: très important

Remarque : Les ions oxalate donnent une limite de sensibilité de 300ppm soit environ 0,008 mol/L.

2. aspect quantitatif

➤ Degré hydrotimétrique des eaux (voir TP résine échangeuse d'ions)

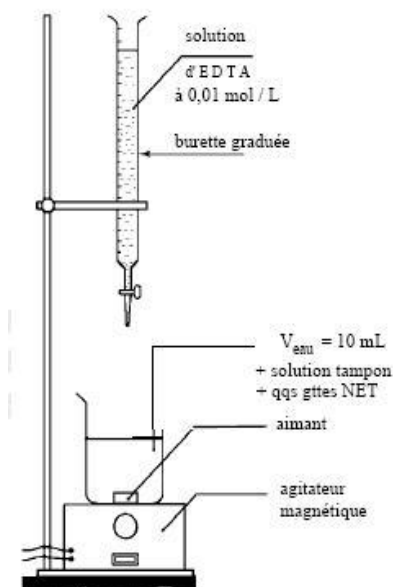
Autre exemple : Dosage fait sur l'eau du robinet et l'eau filtrée sur charbon actif.

On utilise une solution d'EDTA à 0,01 mol/L avec un volume d'essai de 10 mL. On ajoute 1mL de solution tampon et 2 mL d'indicateur NET.

On rappelle qu'un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} égale à $C=10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Une eau douce correspond à environ 15 $^{\circ}\text{TH}$, dure de 15 à 35 $^{\circ}\text{TH}$ et très dure à plus de 35 $^{\circ}\text{TH}$

	Volume équivalent 1	Volume équivalent 2	Concentration en Ca^{2+} et Mg^{2+}	$^{\circ}\text{TH}$
Robinet	5,2 mL	5,1 mL	$2,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$	25,8
Filtrée	1,9 mL	1,8 mL	$9,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$	9,25



➤ **Dosage des chlorures dans les eaux (voir TP méthode de Mohr et TP dosage des ions halogénures)**

- ✓ Titration des ions halogénures par le nitrate d'argent : **méthode potentiométrique**.
- ✓ Le dosage des ions chlorure dans l'eau peut être effectué par la méthode de Mohr : **méthode colorimétrique** utilisant l'ion chromate CrO_4^{2-} (souvent du chromate de potassium).

Remarque : la solution doit être à pH voisin de 7 pour visualiser correctement le changement de couleur.

Dans la prise d'essai de solution à doser on ajoute quelques gouttes de cet indicateur, la solution est alors jaune. On dose alors les ions chlorure par une solution de nitrate d'argent, la réaction support de ce dosage ayant pour équation : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{AgCl}_{(\text{solide})}$.

Dans un premier temps on observe la formation du précipité blanc de chlorure d'argent puis, lorsque la quantité d'ions chlorures disponibles devient négligeable, on observe la formation d'un précipité rouge de chromate d'argent Ag_2CrO_4 ce qui permet de détecter l'équivalence du dosage.

Ici la manipulation a été effectuée avec les valeurs suivantes :

- volume de la prise d'essai $V_E = 100,0 \text{ mL}$
- concentration de la solution de nitrate d'argent $[\text{Ag}^+] = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- 2 dosages concordants ont été effectués
- 5 gouttes de solution de chromate de potassium 100 g.L^{-1}

Tableau de résultats :

	Volume équivalent moyen	Concentration massique en chlorure
Eau du robinet	8,10 mL	20 mg.L^{-1}
Eau distillée	1,30 mL	3,2 mg.L^{-1}
Eau permutée	2,45 mL	6,1 mg.L^{-1}

III. Quelle eau pour quel TP ?

En conclusion, le choix d'une méthode de purification de l'eau dépend avant tout de son usage et des moyens du laboratoire.

L'eau filtrée sur charbon actif, économique et relativement simple d'utilisation peut se révéler un bon choix pour un laboratoire qui n'aurait pas beaucoup de moyens.

Pour les autres, la meilleure méthode reste encore le distillateur bien qu'il ressorte une eau très acide.