



Séquence n°5

Comment assurer la qualité d'une eau ?

Les besoins en eau sont multiples et très différents selon la qualité exigée. Les eaux utilisées pour la consommation courante peuvent être classées en deux catégories principales :

- Les eaux minérales naturelles : elles sont d'origine souterraine. Elles sont protégées de toute pollution et sont microbiologiquement saines : elles ne subissent aucun traitement de désinfection. Elles se caractérisent par une stabilité de sa composition en minéraux.
- L'eau du robinet : l'origine est multiple ; elle peut être prélevée en surface (lacs, rivières) ou par des forages. Pour obéir aux normes de potabilité, elle subit de nombreux traitements.

Les difficultés d'approvisionnement en eau douce dans certaines parties du globe ont nécessité l'utilisation de techniques de désalinisation de l'eau de mer.

Dans les laboratoires scientifiques ou dans certaines industries, une eau de très grande pureté est recherchée.

Un ensemble d'activités expérimentales est proposé en lien avec la problématique de la qualité de l'eau en fonction des besoins.

Partie 1 : étude de la composition d'une eau minérale

Partie 2 : production d'une eau pure et contrôle de sa qualité

Partie 3 : étude d'un produit désinfectant et traitement biologique d'une eau

PARTIE 1 : Comment visualiser la composition d'une eau minérale ou une eau du robinet ?

ACTIVITE 1. Identifier des ions d'une eau minérale et comparer avec l'eau du robinet

- **Objectifs** : proposer et réaliser des tests pour vérifier la présence ou l'absence d'ions dans une eau minérale et dans l'eau du robinet.
- **Matériel et produits fournis** : série de tubes à essai, solutions de nitrate d'argent (0,02 mol/L), de soude (2 mol/L), d'oxalate d'ammonium (5 g/L) et de chlorure de baryum (12 g/L), eau minérale.
- **Ressources disponibles** : pictogrammes de sécurité des produits utilisés au laboratoire
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - Les élèves proposent le nombre minimal d'expériences à réaliser pour mettre en évidence la présence de tous les ions du document.
 - Pour la réalisation des expériences en tubes à essai, les résultats obtenus avec une eau minérale sont comparés avec ceux de l'eau du robinet. Un tube témoin est utilisé.
 - Les élèves remplissent un tableau récapitulatif qu'ils construisent eux-mêmes ; ils vérifient les indications de l'étiquette et comparent l'eau minérale avec l'eau du robinet.



Document 1 : Tests de présence d'ions

Ion recherché	Couleur d'une solution contenant l'ion recherché	Solution utilisée comme réactif pour la mise en évidence de l'ion recherché	Ion réagissant avec l'ion recherché	Précipité obtenu	Couleur du précipité obtenu
ion calcium Ca^{2+}	incolore	solution d'oxalate d'ammonium ($2 \text{NH}_4^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)	ion oxalate $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	Oxalate de calcium CaC_2O_4 $\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{CaC}_2\text{O}_4$	blanc
ion chlorure Cl^-	incolore	solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)	ion argent Ag^+	chlorure d'argent AgCl $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$	blanc noircissant à la lumière
ion cuivre Cu^{2+}	bleue	solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$)	ion hydroxyde HO^-	Hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_2$ $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{HO}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2$	bleu
ion magnésium Mg^{2+}	incolore	solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$)	ion hydroxyde HO^-	Hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$ $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{HO}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2$	blanc
ion phosphate PO_4^{3-}	incolore	solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)	ion argent Ag^+	phosphate d'argent Ag_3PO_4 $3 \text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} = \text{Ag}_3\text{PO}_4$	jaunâtre
ion sulfate SO_4^{2-}	incolore	solution de chlorure de baryum ($\text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$)	ion baryum Ba^{2+}	Sulfate de baryum BaSO_4 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$	blanc

**Document 2 : Etiquette d'eau minérale CONTREX**

Extrait sec (mg/L)	calcium	magnésium	sodium	sulfate
2078	468	75	9	1121

Document 3 : Expériences à réaliser

1. Prévoir les expériences à réaliser pour vérifier la présence dans l'eau minérale ou l'eau du robinet des ions Cl^- , Ca^{2+} , Cu^{2+} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} et PO_4^{3-} .
2. Réaliser les expériences en tubes à essai avec un tube témoin contenant seulement de l'eau minérale.
3. Récapituler les résultats obtenus dans un tableau et comparer les deux types d'eaux.
4. Comparer les résultats sur l'eau minérale avec les indications de l'étiquette.

ACTIVITE 2. Déterminer l'extrait sec et la conductivité électrique d'une eau minérale pour comparer avec l'eau du robinet

- **Objectifs** : réaliser des mesures de conductivité électrique et d'extrait sec d'une eau minérale et de l'eau du robinet.
- **Matériel et produits fournis** : conductimètre avec cellule, étuve, balance, thermomètre, petit cristalliseur pour le passage à l'étuve, solution de KCl à 0,01 mol/L, eau minérale, mode opératoire pour l'utilisation du conductimètre.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - La conductivité est expliquée en préalable comme étant représentative de la quantité d'ions présents dans l'eau. L'extrait sec est présenté comme étant la concentration massique totale en minéraux de l'eau.
 - Pour la mesure de l'extrait sec à l'étuve, il faut compter plus de 90 minutes à 180 °C dans l'étuve pour une évaporation complète de l'eau. Il faut donc prévoir cette activité sur deux séances.
 - Les élèves suivent le protocole expérimental (à adapter en fonction du matériel) pour étalonner le conductimètre avec la solution de KCl.
 - Les élèves proposent le protocole expérimental pour mesurer l'extrait sec en utilisant l'étuve.
 - Réalisation des protocoles expérimentaux.
 - Comparaison des valeurs de conductivités des deux eaux à relier aux résultats de l'ACTIVITÉ 1.
 - Comparaison de la valeur déterminée pour l'eau minérale avec la valeur de référence de l'étiquette.
 - Réflexion à partir de la comparaison avec l'étiquette sur l'incertitude de la mesure de l'extrait sec pour l'eau minérale.

Document 1 : Conductivité électrique d'une solution et extrait sec

La conductivité électrique d'une solution caractérise l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique.

Dans un liquide, le courant électrique est dû au déplacement des ions. Une conductivité électrique élevée pour une solution s'interprète donc comme la preuve d'une solution contenant des ions avec des concentrations importantes.

L'extrait sec d'une eau minérale est la masse de sels minéraux contenue dans un litre de cette eau. Pour mesurer l'extrait sec à 180 °C, il faut procéder à l'évaporation de l'eau à 180 °C.

**Document 2 : Etalonnage du conductimètre**

Les conductimètres s'étalonnent à l'aide de solutions certifiées en KCl (chlorure de potassium). Les conductivités de ces solutions sont données dans les tables en fonction de la température.

Dans la table ci-dessous, la concentration en chlorure de potassium est de $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

Les conductivités sont exprimées en mS.cm^{-1} et les températures en $^{\circ}\text{C}$.

Température	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Conductivité	1,095	1,121	1,147	1,173	1,199	1,225	1,251	1,278	1,305

Température	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Conductivité	1,332	1,359	1,386	1,413	1,441	1,468	1,496	1,524	1,552

Document 3 : Expériences à réaliser

1. Proposer un mode opératoire pour mesurer l'extrait sec de l'eau minérale.
2. Réaliser l'expérience à partir du mode opératoire proposé.
3. Etalonner le conductimètre à partir du mode opératoire fourni dans la salle de TP.
4. Mesurer la conductivité de l'eau minérale et de l'eau du robinet.
5. Comparer les conductivités des deux eaux et relier ceci aux résultats de l'ACTIVITÉ 1.
6. Comparer les résultats de l'extrait sec de l'eau minérale avec l'indication de l'étiquette.
7. Proposer une explication aux écarts observés avec l'indication de l'étiquette.

ACTIVITE 3. Vérifier si le conductimètre donne une mesure toujours identique

- **Objectif** : effectuer sur une eau minérale CONTREX une série de mesures de conductivité et tracer un histogramme pour visualiser la distribution des valeurs. Comparer la conductivité de cette eau minérale avec celle de l'eau minérale SAN PELLEGRINO.
- **Matériel et produit fourni** : conductimètre avec cellule, ordinateur avec tableur-grapheur, mode opératoire pour l'utilisation du conductimètre, eau minérale
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - Réalisation de l'expérience avec une vingtaine de mesures.
 - Tracé par les élèves d'un histogramme à l'aide d'un tableur-grapheur avec calcul de la moyenne et de l'écart-type.
 - Utilisation de la dispersion des mesures pour éclairer la notion d'incertitude.
 - Etablissement d'un lien entre conductivité et contenu en sels minéraux.

Document 1 : Etiquettes d'eau minérale

SAN PELLEGRINO conductivité électrique : $1125 \mu\text{S.cm}^{-1}$
CONTREX

extrait sec (180°C) : 915 mg/L
extrait sec (180°C) : 2078 mg/L



Document 2 : Expérience à réaliser

1. Etalonner le conductimètre.
2. Réaliser une vingtaine de mesures de conductivité de l'eau minérale : à chaque fois, sortir la cellule de l'eau minérale pendant 30 s avant de la replonger.
3. Rassembler les résultats dans un tableau en utilisant un tableur-grapheur.
4. Tracer un histogramme de la série de valeurs obtenues avec un tableur-grapheur .
5. Calculer la moyenne et l'écart-type de la série de valeurs.
6. En déduire une façon d'indiquer la conductivité de l'eau minérale.
7. Comparer les conductivités des eaux minérales CONTREX et SAN PELLEGRINO.
8. Établir un lien entre la conductivité électrique d'une eau et sa minéralisation.

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

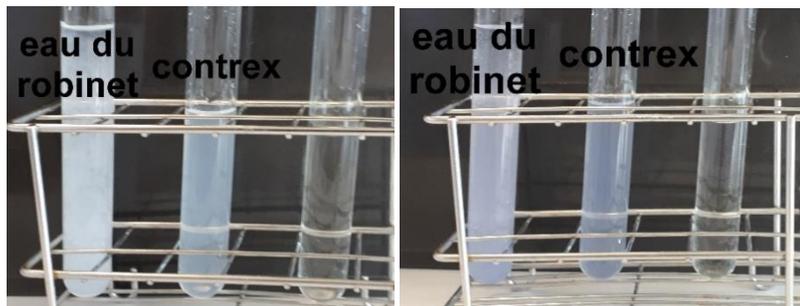
Activité 1 :

L'eau minérale analysée est l'eau CONTREX. Un témoin contenant uniquement l'eau CONTREX est utilisé pour chaque test. Il est placé à droite sur le portoir des tubes à essais.

D'après le document il n'y a pas de cuivre car les eaux n'ont pas de coloration bleutée.

Test avec le nitrate d'argent

Une coloration blanche apparaît pour les deux eaux : elle noircit légèrement à la lumière après quelques minutes.
L'ion chlorure est donc présent dans les deux eaux.



Après quelques minutes

Test avec l'hydroxyde de sodium

L'ion magnésium est présent dans la CONTREX mais non détecté dans l'eau du robinet.

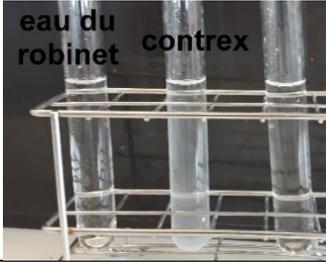


Test avec l'oxalate de calcium

L'ion calcium est présent dans la CONTREX et en plus faible quantité dans l'eau du robinet.





<p>Test avec le chlorure de baryum</p> <p>L'ion sulfate est présent dans la CONTREX mais non détecté dans l'eau du robinet.</p>	
--	--

Activité 2

Conductivité (μS/cm)	Eau du robinet	CONTREX
	716	2334

Dans l'ACTIVITÉ 1, on a montré que la présence d'ions était plus importante dans la CONTREX que dans l'eau du robinet.

M ₁ : masse cristalliseur (g)	M ₂ : masse (cristalliseur + CONTREX) avant évaporation (g)	M ₃ : masse (cristalliseur + CONTREX) après évaporation (g)
103,32	197,96	103,50

Masse de CONTREX placée à l'étuve = $M_2 - M_1 = 94,64$ g

Masse d'extrait sec = $M_3 - M_1 = 0,18$ g

On admet que la densité de la CONTREX est très proche de 1 donc le volume de CONTREX introduit est de 94,64 mL

L'extrait sec est donc de $1000 \times 0,18 / 94,64 = 1,90$ g/L soit 1900 mg/L à comparer avec 2078 mg/L sur l'étiquette.

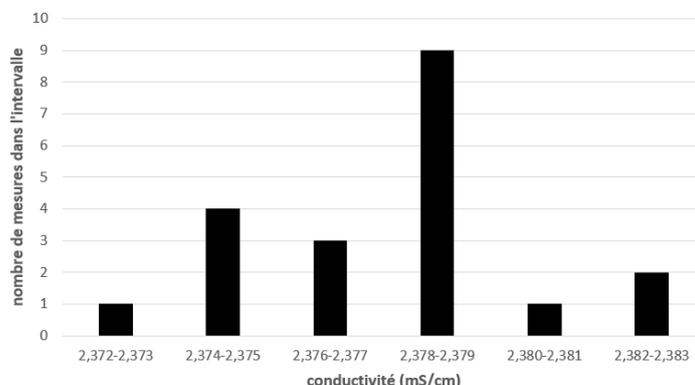
La différence avec les deux valeurs s'explique notamment par les incertitudes des trois pesées nécessaires effectuées avec une balance de résolution 0,01 g.

<p>CONTREX avant évaporation</p> 	<p>CONTREX après évaporation</p> 
--	---



Activité 3 **Tableau des 20 mesures de conductivités exprimées en mS/cm**

2,379	2,378	2,375	2,379	2,383
2,376	2,383	2,375	2,379	2,377
2,381	2,378	2,378	2,376	2,378
2,374	2,378	2,372	2,375	2,378



La moyenne est de 2,378 mS/cm avec un écart-type de 0,003 mS/cm.

Les valeurs sont faiblement dispersées autour de la valeur moyenne qui est un bon indicateur de la conductivité de l'eau.

Il n'est donc pas possible de donner une valeur particulière de conductivité mais plutôt une valeur moyenne associée à un écart-type.

La conductivité de l'eau minérale CONTREX est supérieure à celle de l'eau minérale SAN PELLEGRINO (2378 contre 1125 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). L'écart étant très grand devant l'écart-type, la différence de conductivité est due à la nature différente des eaux minérales.

Ce résultat expérimental est corroboré quand on compare les extraits secs : 2078 mg/L pour la CONTREX contre 915 mg/L pour la SAN PELLEGRINO.

On peut en déduire que la conductivité électrique est une bonne indicatrice de la minéralisation d'une eau.

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	Extraire les informations utiles d'un document sur les réactions de mise en évidence des ions	Activité n°1
	Exploiter la notice d'un conductimètre	Activité n°2 et 3
ANA	Proposer des expériences pour identifier les ions présents dans l'eau.	Activité n°1
	Proposer un mode opératoire pour mesurer un extrait sec	Activité n°2



REA	Réaliser les expériences en tubes à essai	Activité n°1
	Réaliser la mesure d'un extrait sec	Activité n°2
	Réaliser l'étalonnage d'un conductimètre	Activité n°2
	Mesurer la conductivité de différentes eaux	Activité n°2 et 3
	Tracer un histogramme avec un tableur-grapheur	Activité n°3
	Calculer une moyenne et une étendue	Activité n°3
VAL	Comparer des résultats de composition chimique de deux eaux	Activité n°1
	Comparer les résultats expérimentaux de composition avec une référence	Activité n°1
	Comparer les résultats expérimentaux d'extrait sec avec une référence	Activité n°2
	Comparer les conductivités de deux eaux	Activité n°2
	Relier la conductivité et la composition chimique	Activité n°2
	Interpréter les écarts à une référence comme étant dues aux incertitudes de mesure	Activité n°2
	Ecrire la conductivité de l'eau minérale en tenant compte de la variabilité de la mesure	Activité n°2
COM	Récapituler des résultats dans un tableau	Activité n°1 et 3

Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Mesure et incertitudes	Variabilité de la mesure d'une grandeur physique Ecart-type Valeur de référence Histogramme	Activité n°3 Activité n°2 Activité n°2 Activité n° 2
Constitution et transformation de la matière 1.A. Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique	Identification d'espèces chimiques dans un échantillon de matière par des mesures physiques ou des tests chimiques Concentration en masse	Activité n°1 Activité n°2
Ondes et signaux 3. Signaux et capteurs électriques	Capteurs électriques	Activité n°2 et 3



PARTIE 2 : Comment produire et vérifier la qualité d'une eau de haute pureté ?

ACTIVITE 1. Connaître des caractéristiques d'une eau de mer avant sa purification

- **Objectifs** : déterminer la provenance d'une eau de mer par mesure de l'extrait sec ainsi que la concentration en chlorure de sodium par une méthode d'étalonnage.
- **Matériel et produits fournis** : conductimètre avec cellule, étuve, balance, petit cristalliseur pour le passage à l'étuve, burette, fioles de 100 mL, pipette de 10 mL, « eau de mer » (solution de NaCl à 41 g/L), solution mère de NaCl à 50 g/L, ordinateur avec tableur-grapheur, mode opératoire pour l'utilisation du conductimètre.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - « L'eau de mer » est assimilée à une solution de chlorure de sodium pour l'étalonnage par conductivité : cela ne correspond pas tout à fait à la notion de salinité où tous les ions interviennent mais les ions chlorure et sodium sont majoritaires dans l'eau de mer
 - Pour les mesures de l'extrait sec à l'étuve, il faut compter plus de 90 minutes à 180 °C dans l'étuve pour une évaporation complète de l'eau. Il faut donc prévoir cette activité sur deux séances.
 - Suivi du protocole expérimental établi en PARTIE 1 pour mesurer l'extrait sec.
 - Suivi du protocole expérimental pour la préparation des solutions étalons (utilisation d'une burette et de fioles) et la mesure des conductivités de chacune d'elles.
 - Tracé de la courbe d'étalonnage en utilisant un tableur-grapheur : un tracé manuel peut être préférable après impression (recherche possible avec élèves rapides à l'aide du logiciel d'une relation numérique de type affine).
 - Dilution puis mesure de la conductivité de « l'eau de mer » diluée.
 - Détermination graphique (ou par utilisation de la relation numérique) de la concentration de l'eau de mer diluée puis de « l'eau de mer » en tenant compte de la dilution.
 - Montrer l'intérêt de la dilution par rapport à la gamme de la courbe d'étalonnage si on se réfère à la valeur de l'extrait sec obtenu.
 - Conclure sur « l'eau de mer » inconnue à partir d'un document.
 - Cette activité permet d'utiliser une burette puis des fioles.

Document 1 : Salinité des océans et mers

La salinité peut être assimilée à l'extrait sec dans notre cas. On mesure les valeurs suivantes pour les différents océans et mers. Les salinités sont exprimées en g.L^{-1} .

Mer Baltique	6-18
Mer du Nord	32
Océans	33-37
Mer Méditerranée	38
Mer Rouge	38-43
Mer Morte	230

Valeurs extraites du site http://dardel.info/IX/other_info/sea_water_FR.html

**Document 2 : Expériences à réaliser**

Le but de l'étude consiste à rechercher l'origine de l'eau de mer proposée par deux méthodes :

- mesure directe de l'extrait sec
 - mesure de la concentration en NaCl au moyen d'une gamme d'étalonnage en conductivité
1. Suivre le protocole expérimental établi en PARTIE 1 pour mesurer l'extrait sec de l'eau de mer.
 2. Remplir la burette avec la solution mère de chlorure de sodium à $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.
 3. Préparer les 5 fioles de 100 mL selon le tableau suivant :

N° de fiole	1	2	3	4	5
Volume de solution mère (mL)	4	8	12	16	20
Eau déminéralisée	Compléter au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée				
Concentration en NaCl (g/L)	2	4	6	8	10
Conductivité (mS/cm)					

4. Mesurer la conductivité des solutions étalons.
5. Représenter les points de la courbe d'étalonnage (conductivité en ordonnée en fonction de la concentration en abscisse) en utilisant un tableur-grapheur puis imprimer la courbe.
6. Tracer la droite moyenne qui est la plus représentative de la distribution des points expérimentaux.
7. Diluer dix fois l'eau de mer en utilisant une pipette de 10 mL et une fiole de 100 mL puis mesurer la conductivité de l'eau de mer diluée.
8. En déduire graphiquement la concentration de l'eau de mer diluée puis de l'eau de mer en tenant compte de la dilution.
9. Montrer l'intérêt de la dilution en examinant le domaine de concentration couvert par la courbe d'étalonnage.
10. Conclure sur l'eau de mer inconnue à partir des deux méthodes d'analyse.

**ACTIVITE 2. Produire de l'eau pure à partir d'eau de mer et vérifier la qualité du procédé**

Les industries pharmaceutiques et électroniques exigent des eaux de très grande pureté caractérisées notamment par une quantité extrêmement faible d'ions.

- **Objectifs** : réaliser une distillation simple de « l'eau de mer » et comparer la pureté de l'eau obtenue avec les valeurs de la littérature.
- **Matériel et produits fournis** : conductimètre avec cellule, thermomètre, balance, montage de distillation simple, solution de KCl à 0,01 mol/L, « eau de mer » (solution de NaCl à 41 g/L), eau déminéralisée, mode opératoire pour l'utilisation du conductimètre.

Le montage de distillation comprend notamment un dispositif de chauffage, un ballon, une tête de distillation, un thermomètre, un condenseur (réfrigérant droit) et une pièce de verrerie pour collecter le distillat.

- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - Le montage de distillation simple est pratiquement prêt pour les élèves. Ils ont seulement à peser « l'eau de mer », à l'introduire dans le ballon qui doit ensuite être connecté à la tête de distillation.
 - Les élèves démarrent le chauffage et recueillent l'eau distillée obtenue après environ 1 heure pour une pesée.
 - Les élèves suivent le protocole expérimental (adapté en fonction du matériel) pour étalonner le conductimètre avec la solution de KCl.
 - Les élèves mesurent la conductivité de « l'eau de mer » et de l'eau distillée. Ils comparent les conductivités de l'eau distillée et de l'eau déminéralisée du laboratoire.
 - Les élèves comparent la qualité des eaux obtenues avec des spécifications en vigueur dans l'industrie.
 - La réflexion finale peut porter sur la modification de la concentration massique de l'eau salée dans le ballon par évaporation, la qualité de l'eau distillée obtenue et les approximations dans la démarche expérimentale.

Document 1 : Pureté de l'eau

La recherche d'eaux ultra-pures pour des applications spécifiques a entraîné le classement des eaux « pures » en trois catégories.

Les trois catégories sont indiquées ci-dessous avec les indications de conductivité permettant de les classer.

Eau ultra-pure	Eau pure	Eau purifiée
0,0555 – 0,1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,1 – 1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1– 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Valeurs extraites du site <https://www.lenntech.fr/eau-de-ionisee-demineralisee.htm>

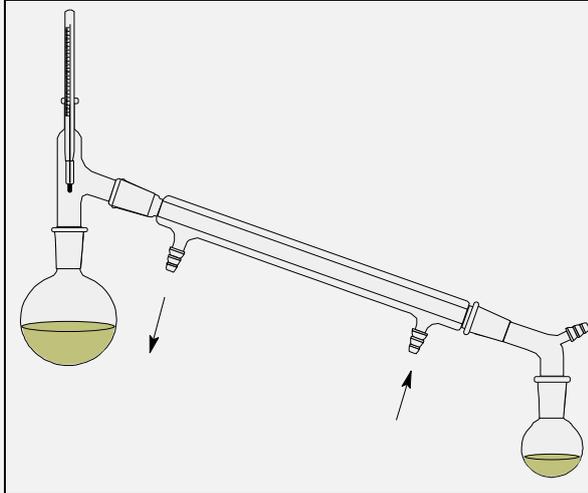
Dans l'industrie pharmaceutique, les spécifications en vigueur exigent une conductivité inférieure à 1,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la fabrication des solutions injectables.



Document 2 : Expériences à réaliser

Le but de l'étude consiste à produire de l'eau la plus pure possible par distillation de l'eau de mer de l'Activité 1. Cette eau sera ensuite comparée à l'eau déminéralisée du laboratoire.

La densité des eaux de mer est voisine de 1,025.



1. Réaliser le montage ci-contre en alimentant le réfrigérant droit en eau froide par le bas.
2. Peser l'eau de mer et l'introduire dans le ballon.
3. Chauffer pendant une heure puis peser l'eau distillée obtenue.
4. Etalonner le conductimètre à partir du mode opératoire fourni dans la salle de TP.
5. Mesurer les conductivités de l'eau déminéralisée du laboratoire et de l'eau distillée.

6. Comparer les qualités de l'eau distillée et de l'eau déminéralisée puis les placer dans la classification.
7. Indiquer l'évolution de la concentration en chlorure de sodium dans le ballon pendant la distillation.
8. Indiquer pourquoi il est difficile d'envisager une mesure de l'extrait sec de l'eau distillée.



Résultats d'expériences

Activité 1

M_1 : masse cristallisoir (g)	M_2 : masse (cristallisoir + eau salée) avant évaporation (g)	M_3 : masse (cristallisoir + eau salée) après évaporation (g)
105,46	198,53	109,19

Masse d'eau salée placée à l'étuve = $M_2 - M_1 = 93,07$ g

Masse d'extrait sec = $M_3 - M_1 = 3,73$ g

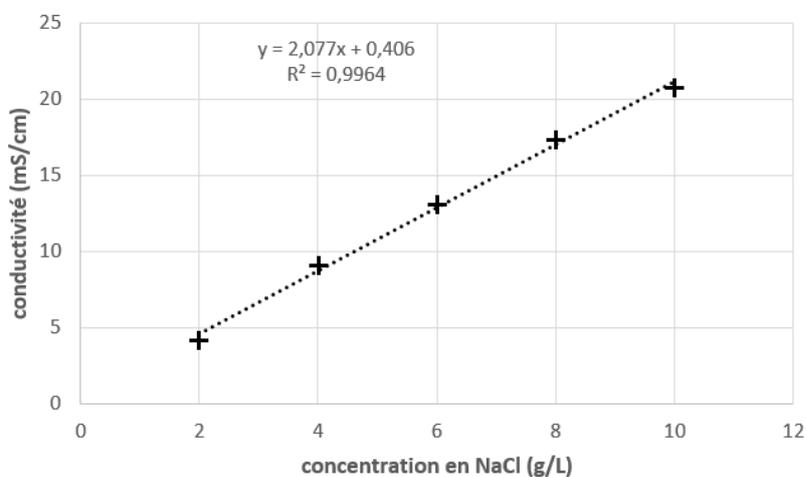
Les densités moyennes des eaux de mer sont voisines de 1,025. Le volume d'eau de mer introduit est de 90,8 mL

L'extrait sec est donc de $1000 \times 3,73 / 90,8 = 41,1$ g/L.

On peut donc penser que cette eau de mer provient de la mer Rouge.

On obtient les résultats suivants pour la gamme d'étalonnage en conductivité (il n'est pas utile d'étalonner le conductimètre pour cette activité) :

Concentration en NaCl (g/L)	2	4	6	8	10
Conductivité (mS/cm)	4,12	9,08	13,04	17,34	20,76



Pour cette analyse, « l'eau de mer » a été diluée 10 fois (10 mL prélevé avec une pipette et introduit dans une fiole de 100 mL par exemple) car sa concentration est de l'ordre de 41 g/L d'après la mesure de l'extrait sec. Donc elle ne pouvait être analysée avec la courbe d'étalonnage obtenue.

La conductivité de « l'eau de mer » diluée est de 9,19 mS/cm. On en déduit une concentration de 4,2 g/L. « L'eau de mer » a une concentration dix fois supérieure en tenant compte de la dilution soit de 42 g/L. Cette concentration est très proche de celle obtenue par mesure de l'extrait sec.

**Activité 2**

La distillation a été entreprise pendant environ une heure. Une masse initiale de 107,7 g en « eau de mer » a été introduite dans le ballon. La masse de distillat obtenue est de 40,3 g.

Les mesures suivantes de conductivité ont été réalisées après étalonnage du conductimètre :

« eau de mer »	distillat	eau déminéralisée
66,7 mS	0,018 mS/cm	2,47 μ S/cm

La conductivité de l'eau de mer a été diminuée par un facteur 3700. La purification de l'eau est donc importante. Néanmoins en consultant les différentes qualités des eaux, on s'aperçoit que l'eau distillée tout comme l'eau déminéralisée du laboratoire ne peuvent que recevoir le qualificatif d'eau purifiée.

L'eau déminéralisée ne pourrait pas non plus être utilisée pour la préparation de solutions injectables dans l'industrie pharmaceutique.

L'eau distillée dans notre expérience a une qualité moins bonne que l'eau déminéralisée du laboratoire. Cela peut s'expliquer par des précautions de propreté peut-être insuffisantes dans le montage de distillation.

Il n'est pas possible de mesurer au laboratoire l'extrait sec pour le distillat. A l'œil nu, on ne distingue aucun solide au fond du cristalliseur après le passage à l'étuve.

Pour le liquide présent dans le ballon en fin de distillation, Il faut s'attendre à une conductivité supérieure à celle mesurée pour « l'eau de mer » : en effet il y a eu augmentation de la concentration massique en sel par évaporation de l'eau.

**Ce qu'il faut savoir faire :**

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	Exploiter la notice d'un conductimètre	Activité n°1 et 2
REA	Réaliser la mesure d'un extrait sec	Activité n°1
	Réaliser les fioles d'une gamme étalon avec une burette	Activité n°1
	Réaliser une dilution avec fiole et pipette	Activité n°1
	Mesurer la conductivité de différentes solutions et eaux	Activité n°1 et 2
	Tracer un graphique avec une courbe d'étalonnage en utilisant un tableur-grapheur	Activité n°1
	Utiliser une droite d'étalonnage pour en déduire une concentration	Activité n°1
	Calculer une concentration de solution avant dilution	Activité n°1
	Réaliser l'étalonnage d'un conductimètre	Activité n°2
	Réaliser une distillation simple	Activité n°2
VAL	Déterminer la nature d'une eau d'après sa conductivité	Activité n°2
	Comparer les résultats expérimentaux d'extrait sec avec une référence	Activité n°1
	Expliquer l'augmentation de concentration en sel dans le ballon pendant la distillation	Activité n°2
	Expliquer la difficulté d'une mesure d'extrait sec pour une eau presque pure	Activité n°2
COM	Récapituler des résultats dans un tableau	Activité n°1



Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Constitution et transformation de la matière 1.A. Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique	Concentration en masse Dosage par étalonnage	Activité n°1 et 2 Activité n°1
Constitution et transformation de la matière 2.A. Transformation physique	Transformations physiques endothermiques et exothermiques	Activité n°2
Ondes et signaux 3. Signaux et capteurs électriques	Capteurs électriques	Activité n°1 et 2



PARTIE 3 : Comment traiter une eau et vérifier sa qualité ?

ACTIVITE 1. Contrôler la qualité d'un comprimé désinfectant de permanganate de potassium

Le permanganate de potassium est parfois proposé à la vente sous forme de comprimés pour la désinfection de l'eau dans les pays tropicaux. Il permet grâce à son action désinfectante le lavage des légumes qui peuvent être contaminés par la présence de bactéries nocives à la santé humaine.

- **Objectifs** : rechercher la concentration d'une solution de permanganate de potassium par une échelle de teintes et par des mesures de spectrophotométrie dans le visible et déterminer la méthode la plus efficace.
- **Matériel et produits fournis** : spectrophotomètre, comprimés de 250 mg permanganate de potassium (ou la même quantité fournie sous forme de poudre), solutions étalons de permanganate de potassium à 16, 32, 48 et 64 mg/L en fioles de 50 mL, fioles de 50 mL et de 1 litre, ordinateur avec tableur-grapheur.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - Préparation d'un litre de solution à 250 mg/L par dissolution d'un comprimé de permanganate de potassium de 250 mg.
 - Dilution par un facteur 10 de la solution précédente avec recherche de la méthode.
 - Comparaison de la solution diluée avec les fioles de la gamme étalon et déduction de la concentration de la solution initiale puis de la masse de permanganate de potassium du comprimé.
 - L'absorbance d'une solution mesurée par le spectrophotomètre est expliquée en préalable comme étant proportionnelle à la concentration massique en permanganate de potassium. Il faut ajouter qu'une solution colorée absorbe dans un intervalle de longueurs d'onde.
 - Suivi du protocole expérimental fourni par l'enseignant pour la mesure de l'absorbance de chacune des solutions étalons et de la solution diluée.
 - Tracé de la courbe d'étalonnage en utilisant un tableur-grapheur : un tracé manuel peut-être préférable après impression (recherche possible avec élèves rapides à l'aide du logiciel d'une relation numérique de type linéaire).
 - Détermination graphique (ou par utilisation de la relation numérique) de la concentration de la solution diluée, de la concentration de la solution initiale en tenant compte de la dilution puis de la masse de permanganate de potassium du comprimé.
 - Comparaison des résultats des deux méthodes.
 - Réflexion sur les avantages et inconvénients des deux méthodes.

Document 1: Spectrophotométrie d'absorption dans le visible

La technique de spectrophotométrie d'absorption dans le visible a pour principe la propriété de certaines espèces chimiques d'absorber certaines longueurs d'onde de la lumière dans le domaine du visible. L'absorbance est la grandeur physique mesurée caractérisant cette absorption.

Une relation (loi de Beer-Lambert) montre que l'absorbance est proportionnelle à la concentration de l'espèce chimique absorbant le rayonnement. Plus l'absorbance mesurée est importante, plus la concentration de l'espèce chimique est importante.

Le permanganate de potassium de la solution montre notamment une forte absorbance pour une longueur d'onde de 540 nm.



Document 2 : Expériences à réaliser

Le but de l'étude consiste à vérifier si la masse de permanganate de potassium contenue dans un comprimé est bien de 250 mg comme il est indiqué sur l'étiquette.

Deux méthodes sont utilisées :

- Réalisation d'une échelle de teintes
 - Réalisation d'une gamme d'étalonnage par spectrophotométrie dans le domaine visible.
1. Préparation d'un litre de solution à 250 mg/L par dissolution d'un comprimé de permanganate de potassium de 250 mg dans une fiole de 1 litre.
 2. Présenter votre mode opératoire pour la réalisation de 50 mL d'une solution correspondant à une dilution par 10 de la solution précédente.
 3. Comparer la teinte de la solution diluée avec les teintes des solutions des fioles de concentrations égales à 16, 32, 48 et 64 mg.L⁻¹.
 4. En déduire la concentration de la solution diluée puis de la solution fabriquée initialement avec le comprimé.
 5. Donner une indication sur la masse de permanganate de potassium du comprimé.
 6. Suivre le protocole expérimental donné par l'enseignant pour la mesure de l'absorbance de chacune des solutions étalons ainsi que de la solution diluée.
 7. Compléter le tableau ci-dessous.

Fiole	1	2	3	4	X
Concentration (mg.L ⁻¹)	16	32	48	64	?
absorbance					

8. Représenter les points de la courbe d'étalonnage en utilisant un tableur-grapheur : la concentration est portée en abscisse et l'absorbance en ordonnée.
9. Tracer la droite la plus représentative des points expérimentaux.
10. Déterminer graphiquement la concentration de la solution diluée puis en déduire la concentration de la solution initiale en tenant compte de la dilution.
11. Donner alors la masse de permanganate de potassium du comprimé.
12. Comparer les résultats des deux méthodes.
13. Indiquer le(s) avantage(s) et inconvénient(s) des deux méthodes.



ACTIVITE 2. Suivre le traitement biologique d'une eau

- **Objectifs** : suivre la décomposition d'un composé organique soumis à l'action de micro-organismes à l'aide de bandelettes.
- **Matériel et produits fournis** : bulleur pour aquarium, agitateur magnétique avec barreau aimanté, éprouvettes de 10 et 250 mL, solution de glucose (50 g/L), solution de levures de boulanger (60 g/L), bécher de 250 mL, bandelettes de test de glucose.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :
 - La solution de glucose simule des déchets chimiques de nature organique et les levures remplacent les bactéries utilisées dans les stations de traitement des eaux.
 - Les levures sont à placer préalablement dans un flacon équipé d'un bulleur en fonctionnement pendant une dizaine d'heures pour obtenir une meilleure efficacité de traitement.
 - Suivi de la cinétique de traitement au moyen de bandelettes ; la concentration est estimée à partir du témoin placé sur le tube.
 - L'utilisation de smartphone pour les prises de photos des bandelettes au cours du temps est intéressante pour une présentation à la classe par un groupe d'élèves.
 - Discussion sur les conditions envisageables pour augmenter la vitesse de traitement

Document 1 : Traitement biologique d'une eau

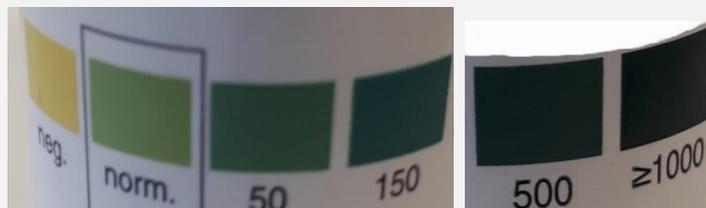
Le traitement des eaux usées afin d'assurer leur rejet dans l'environnement est un procédé comportant de nombreuses étapes. Une de ces étapes est l'épuration biologique : elle s'effectue à l'aide de bactéries.

Ce traitement biologique consiste à éliminer l'essentiel de la pollution biodégradable. Il s'agit de réaliser l'élimination des sucres, graisses et protéines nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation consomme du dioxygène utilisé pour la vie de la faune aquatique.

Pour des raisons de santé, les bactéries seront remplacées dans notre cas par des levures qui sont d'autres micro-organismes. La pollution par des matériaux organiques sera constituée par un sucre, le glucose de formule $C_6H_{12}O_6$.

Document 2 : Recherche de glucose par le test avec des bandelettes

Les bandelettes utilisées ici sont destinées à détecter la présence de glucose dans les urines. Les indications sont données en $mg.L^{-1}$



D'après la notice :

neg. signifie une absence de glucose

norm. signifie une concentration de $20 mg.L^{-1}$

Pour réaliser les tests, il faut plonger la partie sensible au glucose de la bandelette pendant 1 seconde dans le milieu étudié. La lecture s'effectue ensuite par comparaison avec les témoins entre 30 secondes et 1 minute après avoir ressorti la bandelette du milieu réactionnel.



Document 3 : Expériences à réaliser

Le but de l'étude consiste à suivre au cours du temps la dégradation du glucose par les levures. Le suivi s'effectue au moyen de bandelettes permettant la détection du glucose présent en solution. La concentration est estimée à partir du témoin placé sur le tube.

Les levures ont été placées préalablement dans un flacon équipé d'un bulleur en fonctionnement pendant une dizaine d'heures pour obtenir une meilleure efficacité de traitement.

1. Introduire 2,5 mL de solution de glucose à 50 g.L^{-1} dans un bécher de 250 mL à l'aide d'une éprouvette de 10 mL.
2. Ajouter de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de 100 mL sur le bécher.
3. Placer un barreau aimanté dans le bécher qui est alors posé sur un agitateur magnétique à mettre en marche avec une agitation modérée.
4. Introduire rapidement 120 mL de la solution de levures à 60 g.L^{-1} avec une éprouvette de 250 mL puis compléter le bécher au trait de 250 mL avec de l'eau déminéralisée.
5. Déclencher immédiatement le chronomètre et effectuer une mesure de glucose avec la bandelette comme expliqué dans le Document 1.
6. Prendre une photo de la bandelette.
7. Répéter l'opération de mesure toutes les 5 minutes en prenant chaque fois une photo entre 30 s et 1 min après avoir ressorti la bandelette du liquide.
8. Arrêter la manipulation quand le glucose a été complètement consommé par les levures.
9. Discuter les conditions envisageables pour augmenter la vitesse de traitement de l'eau.
10. Préparer une présentation orale en quelques diapositives de votre expérience.



Résultats d'expériences

Activité 1

N° fiole	1	2	3	4
Concentration (mg/L)	16	32	48	64

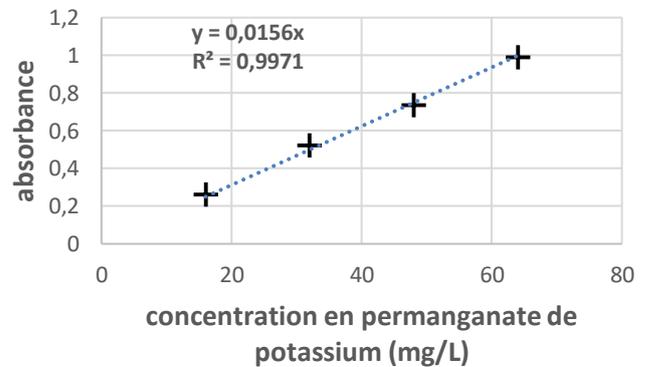
On utilise une pipette de 5 mL pour diluer la solution obtenue par dissolution du comprimé : 5 mL de la solution initiale sont introduits dans une fiole de 50 mL en complétant avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait.

La fiole inconnue X de la solution diluée a une concentration intermédiaire entre 16 et 32 mg/L. Comme elle est diluée 10 fois, la solution du comprimé a une concentration entre 160 et 320 mg/L. Le comprimé a été dissout dans un litre, il aurait donc une masse entre 160 et 320 mg. L'intervalle est très large ; si on avait pesé un comprimé de masse totale égale à 250 mg avant sa dissolution, la masse obtenue en permanganate de potassium correspond alors forcément à la partie inférieure de l'intervalle.

Concentration (mg/L)	16	32	48	64
absorbance	0,262	0,522	0,738	0,992

L'absorbance de la solution diluée X est de 0,410. On en déduit graphiquement ou à l'aide de la relation une concentration de 26 mg/L. La solution de comprimé a donc une concentration de 260 mg/L soit pour le comprimé une masse de 260 mg proche de la masse de référence de 250 mg. La différence peut s'expliquer par les incertitudes de mesure.

La méthode de l'échelle de teintes est plus rapide mais elle ne donne qu'un intervalle de concentrations qui ne permet pas de savoir la masse en permanganate de potassium contenue réellement par le comprimé.

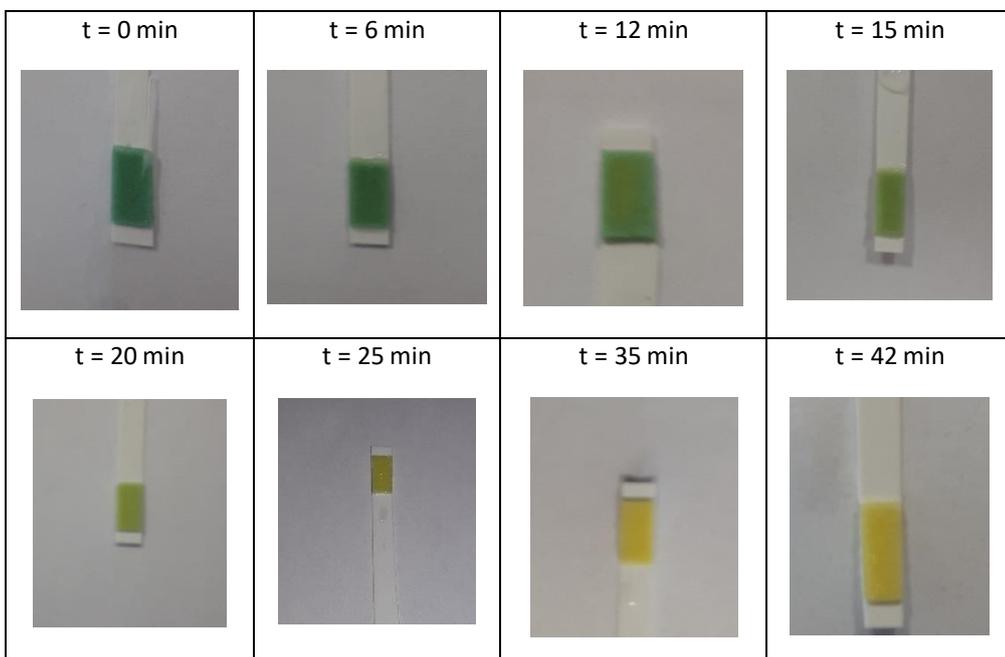
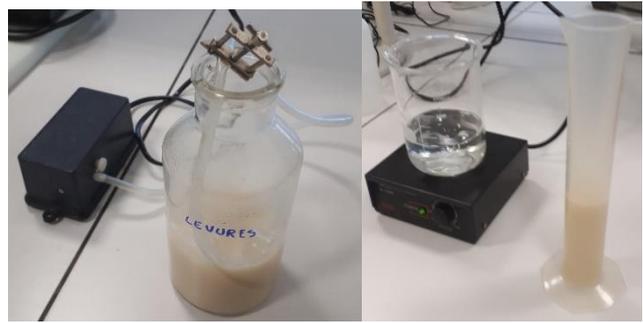




Activité 2

Les levures sont placées dans un flacon équipé d'un bulleur pendant environ 10 heures avant la manipulation.

120 mL de la solution de levures sont ajoutés dans le bécher.



Les levures ont totalement consommé le glucose après 35 minutes.

Pour augmenter la vitesse de traitement, on peut augmenter la quantité de levures.



Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	Extraire les informations utiles d'un document sur la spectrophotométrie dans le visible	Activité n°1
	Tirer les informations utiles d'un document sur la détermination de la concentration en glucose avec des bandelettes.	Activité n°2
ANA	Proposer un mode opératoire pour une dilution	Activité n°1
REA	Préparer une solution par dissolution d'un solide	Activité n°1
	Réaliser une dilution avec fiole et pipette	Activité n°1
	Réaliser la détermination d'une concentration avec une échelle de teintes	Activité n°1
	Calculer une concentration de solution avant dilution et en déduire une masse	Activité n°1
	Réaliser une gamme d'étalonnage par spectrophotométrie dans le visible	Activité n°1
	Tracer un graphique avec une courbe d'étalonnage en utilisant un tableur-grapheur	Activité n°1
	Utiliser une droite d'étalonnage pour en déduire une concentration	Activité n°1
	Réaliser une expérience de consommation de glucose par des levures en utilisant des bandelettes	Activité n°2
VAL	Comparer les résultats de deux méthodes	Activité n°1
	Comparer les avantages et inconvénients de deux méthodes	Activité n°1
	Discuter des conditions pour accélérer le traitement d'une eau	Activité n°2
COM	Récapituler des résultats dans un tableau	Activité n°1
	Rendre compte d'une expérience en utilisant des photos dans une présentation orale	Activité n°2



Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Constitution et transformation de la matière 1.A. Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique	Concentration en masse Dosage par étalonnage	Activité n°1 et 2 Activité n°1 et 2