



3rd April 2014

All about Salt Water

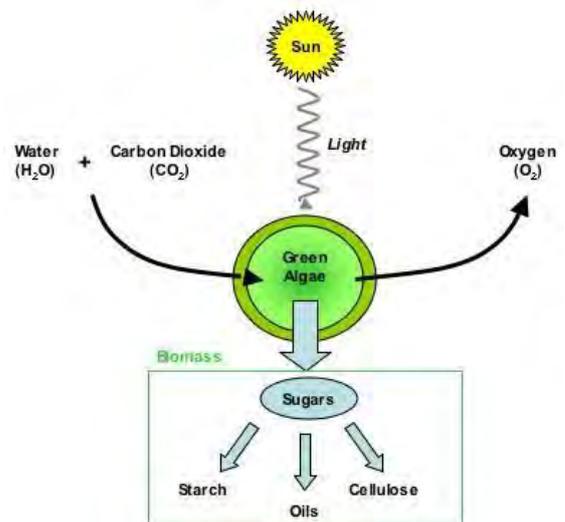
Task B

ACTIVITE B1

Activité B1 : Etude de la croissance de microalgues *Nannochloropsis sp.* utilisées pour la production de biodiesel

Informations générales

Dans le but de réduire les **gaz à effet de serre** (GHG= **greenhouse gas**), les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) responsables du réchauffement climatique, de nombreuses études ont porté sur le biodiesel et la possibilité de l'utiliser pour remplacer le pétrole. La production de biodiesel à partir de microalgues est considérée comme une source d'énergie prometteuse, principalement en raison d'une meilleure compétitivité par rapport aux surfaces cultivables, la meilleure teneur en huile des microalgues comparée à celle des espèces végétales de l'agriculture et la facilité de les cultiver dans l'eau de mer, l'eau saumâtre, les eaux usées ou les terres non arables. Le biodiesel provenant des algues réduit les émissions de CO_2 jusqu'à 78% par rapport au carburant produit à partir du pétrole. La production de biodiesel à partir de microalgues dépend de la productivité des microalgues et de leur teneur en lipides. La teneur en lipides et la productivité sont contrôlées par différents facteurs, tels que, les nutriments, la température, le CO_2 , la lumière, la salinité, etc.



Les Algues constituent un groupe d'organismes aquatiques photosynthétiques très varié qui représente environ 50% des organismes photosynthétiques de la terre. Les algues sont considérées comme des organismes qui jouent un rôle important dans le cycle du carbone et l'élimination de l'excès de CO_2 dans l'environnement. Les algues promettent

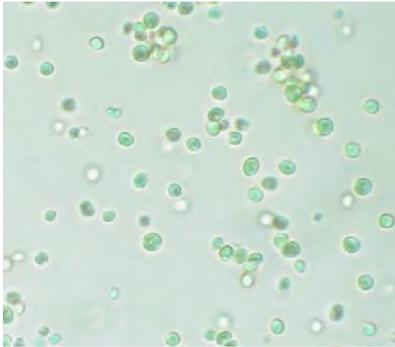


d'être une source non négligeable de biodiesel étant donné leur efficacité à absorber et à convertir l'énergie solaire en énergie chimique. Le biodiesel dérivé de la biomasse des Algues présente l'avantage d'être renouvelable, biodégradable, dont le bilan carbone est quasi neutre, et dont la production est durable. De plus, le biodiesel des algues n'est pas toxique et contient peu de particules de CO, de suie, d'hydrocarbures et de SO_x.

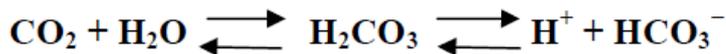
La majorité des végétaux, algues et cyanobactéries réalisent la **photosynthèse** dans le but de convertir l'énergie lumineuse du soleil en énergie chimique utilisée pour réaliser les diverses activités des organismes. Cette énergie chimique est stockée sous forme de molécules organiques (comme les glucides), synthétisées à partir du CO₂ et de l'eau. De plus, du dioxygène est produit. L'efficacité de la photosynthèse des Algues est supérieure à celle des plantes chlorophylliennes terrestres.

Les végétaux chlorophylliens possèdent 6 pigments photosynthétiques étroitement liés. Les *Nannochloropsis* sont une espèce d'algues qui possèdent uniquement de la chlorophylle a, qui est une des 6 pigments présents chez tous les végétaux qui réalisent la photosynthèse. Le fait que différents pigments sont nécessaires s'explique parce que chacun absorbe une part seulement des longueurs d'onde des rayonnements électromagnétiques de la lumière et de manière différente. La chlorophylle a un maximum d'absorption pour des longueurs d'onde comprises entre 400-450 nm et entre 650-700 nm la chlorophylle b entre 450-500 nm et entre 600-650 nm. Le pigment de type xanthophylle a un maximum d'absorption entre 400-530 nm mais aucun pigment n'absorbe dans le vert-jaune, ce qui explique l'abondance des végétaux verts dans la nature.

Le **dioxyde de carbone** se dissout dans l'eau sous forme d'acide carbonique (H_2CO_3), de bicarbonate (HCO_3^-) et d'ions carbonates (CO_3^{2-}). La quantité de CO_2 dissous dans l'eau de mer est environ 50 fois plus importante que celle dans l'atmosphère. Dans l'eau de mer, plus de 90% de carbone organique dissous est présent sous forme de bicarbonate

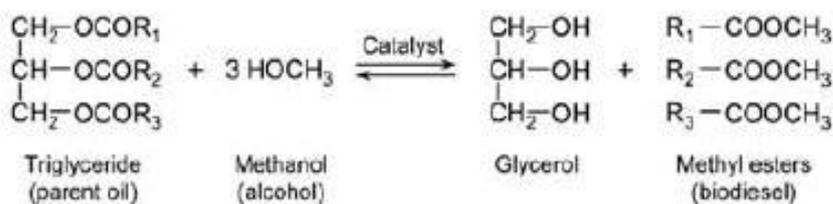


(HCO_3^-). Beaucoup de microalgues sont capables de prélever les ions bicarbonate (HCO_3^-) présents dans le milieu extérieur et de les transporter à travers la membrane plasmique jusqu'au cytoplasme, ce qui, grâce à l'activité de l'anhydrase carbonique, génère du CO_2 . L'anhydrase carbonique extracellulaire catalyse la réaction de transformation d' HCO_3^- et de CO_2 , selon l'équation ci-dessous :



Les Nannochloropsis sont des algues unicellulaires eucaryotes d'eau salée qui ont une taille de 2-3 μm et qui appartiennent à l'ordre des Eustigmatales. Leur capacité à accumuler des concentrations élevées d'acides gras polyinsaturés a fait des Nannochloropsis un outil très prometteur pour des applications industrielles.

Les Nannochloropsis, sont, tout comme d'autres microalgues, à haute teneur en lipides par rapport au poids sec de la biomasse, et sont en mesure d'accumuler 30% à 68% de triglycérides dans leur biomasse sèche. Les lipides extraits des algues et utilisés dans la fabrication de biodiesel sont constitués de triglycérides qui réagissent avec le méthanol selon une réaction connue sous le nom transestérification. La transestérification nécessite 3 moles d'alcool par mole de triglycéride et produit 1 mole de glycérol et 3 moles d'esters méthyliques. Lorsque l'équilibre est atteint, les esters de méthyle (biodiesel) et le glycérol sont produits. Le glycérol est généré à partir des triglycérides, qui sont progressivement décomposés en diglycérides, monoglycérides et enfin en glycérol.





Le biodiesel est l'une des sources les plus prometteuses d'énergie renouvelable de ce siècle. Sa supériorité par rapport au diesel produit à partir du pétrole s'explique par ses émissions de gaz plus faibles et le fait que le biodiesel est biodégradable, non toxique, renouvelable et sans soufre contrairement au diesel produit à partir du pétrole. Pour toutes ces raisons et pour les aspects écologiques, l'utilisation de cette forme de bio-carburant permet d'évoluer vers des sources d'énergie plus durables. Le biodiesel est produit par un procédé de transestérification mono-alcoolique, dans lequel les triglycérides réagissent avec un alcool à chaîne courte (le plus souvent le méthanol ou l'éthanol) catalysés par des métaux alcalins, des acides ou des enzymes. Les principales sources pour produire du biodiesel peuvent être divisées en quatre groupes : huiles végétales (comestibles et non comestibles), graisses animales, huiles de cuisson usagées et algues. L'utilisation de biodiesel est simple, mais efficace, car elle peut être mélangée avec le pétrodiesel dans des proportions différentes et peut être utilisé comme combustible, soit sous forme pure ou mélangée à base de pétrodiesel combustible. Aujourd'hui, les mélanges de biodiesel et de pétrodiesel utilisés dépendent des exigences minimales fixées par chaque pays pour le biodiesel mélangé.

Les nombreuses études sur la production de biodiesel à partir de microalgues, ont permis de bien connaître l'influence des conditions environnementales sur le développement de ces micro-organismes (par exemple, la concentration de CO_2), alors que la disponibilité de la lumière, les nutriments, la salinité, la température et le pH restent stables.

Problématique :

Dans cette activité, vous allez étudier l'effet du CO_2 sur le taux de croissance des *Nannochloropsis* en considérant que la source de CO_2 change dans trois régions où les émissions de CO_2 varient (de faible à élevé).

Votre laboratoire est appelé à déterminer la région dont est originaire un échantillon inconnu (qui appartient à l'une des 3 régions ci-dessus en considérant que l'échantillon a été cultivé pendant douze jours). Vous aurez à déterminer laquelle de ces trois régions est la plus appropriée pour l'installation d'une unité de production de microalgues en vue de produire du biodiesel.



Matériel et équipement

- Marqueur, papier millimétré
- Pipettes en verre (2 ml) et pipettes Pasteur en plastique
- Tubes en plastique (Flacon 15 ml) contenant les solutions de microalgues
- Support pour flacons
- Eau distillée
- Solution de concentration inconnue marquée "14 "

Sur la table principale du laboratoire, vous allez trouver :

- Spectrophotomètre avec le filtre réglé à 750 nm
- Vortex (agitateur)
- Cuvettes pour spectrophotomètre (4 par groupe)

Echantillon « blanc » pour la mise à zéro du spectrophotomètre

Description de l'activité

Afin de déterminer la masse sèche des microalgues (Dry Cell Weight) (DCW) par litre (mg L^{-1}), il faut d'abord mesurer les données d'absorbance, qui correspondent aux concentrations de cellules de microalgues. Au bout des 3^{ème}, 6^{ème}, 9^{ème} et 12^{ème} jour de culture, les solutions de microalgues vont être mesurées pour déterminer la densité optique DO qu'on appelle également absorbance (= **OD** pour optical density). On utilisera un spectrophotomètre UV-Visible pour mesurer la DO à 750 nm. Il faudra préparer une courbe de croissance de *Nannochloropsis* pour chacune des régions qui diffèrent par leur concentration en CO₂. La région A, avec les concentrations basses de CO₂ est située sur une île avec des niveaux bas de CO₂; la région B avec des concentrations moyennes de CO₂, est située près d'une route avec des niveaux moyens de CO₂; finalement la région C, avec des concentrations élevées de CO₂, se trouve près d'une zone industrielle avec un niveau élevé de CO₂. Il vous faudra déterminer la région d'origine de l'échantillon inconnu à partir des différentes courbes de croissance. La culture s'étant faite en maintenant les



conditions d'éclairage, de températures, etc... constantes.

De plus, il faut mentionner que du bicarbonate sodium a été utilisé comme source de bicarbonate dans toutes les expériences.

Information à propos de la spectrophotométrie

Chaque composé chimique absorbe, transmet, ou réfléchit la lumière (rayonnement électromagnétique) dans une certaine gamme de longueurs d'onde. La spectrophotométrie donne une mesure quantitative des propriétés de réflexion ou transmission du matériel/composé en fonction de la longueur d'onde. Un spectrophotomètre est un instrument qui mesure la quantité de photons (l'intensité de la lumière) absorbée après passage à travers l'échantillon (solution). Avec un spectrophotomètre on peut déterminer la quantité (concentration) d'une substance chimique connue en mesurant l'intensité de la lumière détectée. La loi de Beer-Lambert décrit la relation entre l'absorbance et la concentration d'un échantillon, lorsqu'il y a une relation linéaire entre l'absorbance mesurée et la concentration de l'échantillon.

L'équation de la loi de Beer-Lambert est la suivante :

$$A = \epsilon lc$$

Où A est la mesure de l'absorbance (pas d'unité), ϵ le coefficient d'extinction molaire ou absorptivité molaire (ou coefficient d'absorption), l est la distance parcourue par la lumière (l'épaisseur de la cellule), et c est la concentration. Le coefficient d'extinction molaire est une constante qui varie pour chaque molécule. Si l'absorption (A), le coefficient d'extinction molaire (ϵ) et l'épaisseur de la cellule (l) sont connus, nous pouvons calculer la concentration (c) de l'échantillon.



Protocole expérimental

Remarque importante : Il y a un nombre limité de spectrophotomètres pour les 12 groupes. Gérez votre temps en tenant compte de cette donnée.

- Chacun des 13 tubes contient des *Nannochloropsis* prélevés dans la culture initiale et diluée 4 fois à différents moments (0, 3rd, 6th, 9th et 12th jour) dans les trois conditions environnementales (les trois concentrations de CO₂). **Veillez à bien numéroter chaque échantillon.**
- Le tube 14 contient l'échantillon inconnu qui a été prélevé sur la même culture expérimentale mais au 10^{ème} jour et dilué 4 fois.
- Le tube 0 (blanc) ne contient que de l'eau de mer enrichie en éléments nutritifs et servira à ajuster le spectrophotomètre à l'absorbance zéro.

Sample	Region A	Sample	Region B	Sample	Region C
1	0 day				
2	3rd day	6	3 rd day	10	3rd day
3	6th day	7	6th day	11	6th day
4	9th day	8	9th day	12	9th day
5	12th day	9	12th day	13	12th day
14	Unknown sample				

- Levez la main lorsque vous êtes prêts à utiliser le spectrophotomètre.

Avant de réaliser chaque mesure, agiter très vigoureusement chaque tube avec le vortex, pendant 3 à 5 secondes afin d'homogénéiser la solution.

- Attention vous ne disposerez que de 25 min au total pour utiliser le spectrophotomètre.**

Transférez la solution du tube 0 (blanc) dans une cuvette et insérez-la dans le spectrophotomètre. Il est important de positionner la cuvette de manière à ce que la



lumière traverse la face transparente.

- f. Pressez le bouton “Zéro” et l’appareil affichera 0.000 (calibré).
- g. A l’aide d’une pipette, prélever 3 ml de culture de chacune des solutions fournies pour chaque jour de culture et pour chaque région. Videz la solution dans la cuvette. Le niveau supérieur de la solution dans la cuvette doit se trouver à environ 1 cm du bord supérieur. Rincer la cuvette entre chaque prélèvement.
- Vérifiez que le spectrophotomètre est réglé sur 750 nm et suivez les instructions fournies disposées à côté de chaque spectrophotomètre (l’assistant du laboratoire peut vous aider).*
- La solution de chaque récipient et les liquides de rinçage de la cuvette doivent être récoltés dans le récipient « poubelle » fourni, lorsque l’expérience est terminée.*
- h. Inscrivez les valeurs lues pour tous les échantillons sur votre feuille réponses (Tableau 1).
- i. Tracez sur le papier millimétré fourni, le graphique montrant l’évolution de l’absorbance en fonction de la durée de la culture et pour chaque culture (A, B, C) en utilisant vos valeurs (tableau 1). Tracez vos trois courbes exponentielles sur le même graphique en reliant, pour chaque courbe, les points correspondant aux valeurs mesurées. Ceci est le graphique 1.
- j. A partir du graphique, déterminez la région d’origine de l’échantillon inconnu et indiquez la région sur la feuille réponses.
- k. Les mesures d’absorbance (DO) à 750 nm doivent être converties en masse sèche DCW (en mg L^{-1}) en utilisant un facteur déterminé au préalable (l’équation de la courbe de calibration apparaît sur le spectrophotomètre). Vous devez transcrire cette équation sur votre feuille réponses à l’Activité B.1.4. Calculez la masse sèche DCW pour les échantillons de la région que vous avez déterminée. Inscrivez ces valeurs dans le tableau 2.
- l. En utilisant le papier millimétré, tracez un graphique qui représente la masse sèche DCW en fonction des jours de culture, pour chacune des solutions provenant de la région que vous avez déterminée. Ceci est le graphique 2. Enfin, déterminez la concentration de l’échantillon inconnu.



- m. Si l'on admet que l'algue *Nannochloropsis* accumule 50% des triglycérides dans sa biomasse sèche, calculez la concentration (mg L^{-1}) de triglycérides de l'échantillon provenant de la région que vous avez déterminée et inscrivez les valeurs sur la feuille réponses. Pour ce faire, choisissez le jour pour lequel la masse sèche DCW est maximale.
- n. Comme mentionné auparavant, la réaction de transestérification requiert 3 moles d'alcool et 1 mole de triglycéride pour produire 1 mole de glycérol et 3 moles d'ester méthyliques (biodiesel). En vous basant sur la quantité de triglycérides que vous avez calculée dans la question précédente (question m), calculez la quantité de biodiesel (en milligrammes; mg) produite dans 1 litre (L), en supposant que le principal triglycéride présent est le triglycéride palmitique et que son poids moléculaire est de 807. De plus, le poids moléculaire d'un ester méthylique de l'acide palmitique (biodiesel) est de 270.



Activité B2 – Chimie

Activité B 2.1 – Purification de NaCl

REGLES DE SECURITE POUR L'EXPERIENCE "PURIFICATION DE NaCl"

1. Porter une blouse de laboratoire, des lunettes et des gants pour manipuler les produits chimiques
2. Ne pas goûter quoi que ce soit. Ne jamais respirer une source de gaz ou de vapeur
3. Beaucoup de réactifs sont inflammables (ex : alcools). **Ne pas les manipuler près d'une flamme**
4. **Enlever les gants lorsque vous utilisez le brûleur**
5. Ne jamais laisser le brûleur allumé sans être présent
6. Si des produits chimiques entrent en contact avec votre peau ou vos yeux, laver abondamment à l'eau et avertir l'assistant du laboratoire
7. Les solutions usagées doivent être mises dans un récipient adéquat
8. **Attention avec H_2SO_4 concentré. Ne jamais verser de l'eau dans H_2SO_4 concentré.**



Introduction

Le sel est un composé utilisé pour la préservation des aliments depuis le début des temps.

Dans la Rome antique, le sel servait de monnaie d'échange entre les gens. Le mot « salaire » vient du latin « salarium » qui signifie paiement avec du sel.

Pour les anciens grecs, le mot « sel » signifie amitié et solidarité. Ils l'utilisaient pendant les sacrifices et comme offrande aux Dieux.

On distingue le sel de roche et le sel marin.

Sel de roche : couvre 70 % de la consommation mondiale. Il s'est formé par évaporation d'eau de mer lors de modifications géologiques de la croûte terrestre. Il contient de grandes quantités d'impuretés et il convient de le purifier avant son utilisation.

Sel de mer : provient d'évaporation d'eau de mer dans des marais salants. La concentration en sel varie d'une mer à l'autre : la mer du nord contient environ 3 % de sel et la mer morte plus de 8 %. L'eau de mer contient des impuretés, certaines sont faciles à éliminer (ex : sable) et d'autres plus difficiles (ex : MgSO_4 ou CaSO_4).

La méthode pour purifier le sel est la dissolution dans un minimum d'eau distillée, suivie d'un chauffage pour éliminer un peu d'eau par évaporation. Il suffit alors de laisser refroidir la solution pour voir cristalliser le sel NaCl pur, en laissant les impuretés en solution.

Au lieu d'évaporer un peu d'eau par chauffage, on peut aussi ajouter un réactif adéquat (ex : HCl) qui entrainera la cristallisation de NaCl en laissant les impuretés en solution.

Une de ces deux méthodes sera utilisée dans la manipulation proposée.

Méthode de purification

La méthode proposée passe par les étapes suivantes:

1. Une solution saturée de sel brut est préparée. On laisse décanter si nécessaire pour séparer les impuretés insolubles telles que le sable
2. On fait buller un gaz (HCl) dans la solution précédente, ce qui provoque une augmentation de la concentration en Cl^- et donc la cristallisation de NaCl, pendant que les impuretés restent en solution.



3. On recueille les cristaux de NaCl pur par filtration
4. Les cristaux de NaCl pur sont séchés dans une étuve (armoire chauffante).

Ce mode opératoire peut être répété plusieurs fois si une purification plus poussée est nécessaire.

APPAREILS	PRODUITS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 cuillère ▪ 1 brûleur ▪ 1 ballon à fond rond (A) ▪ 1 adaptateur à 3 voies (B) ▪ Bagues de fixation de différentes dimensions (H) ▪ 1 embout (C) pour relier l'adaptateur (B) et un tube en plastique (silicone) ▪ 1 ampoule de coulée qui permet d'ajouter un liquide goutte à goutte (D) ▪ 1 bulleur (E) ▪ 1 flacon de lavage ▪ 2 tuyaux en plastique ▪ 3 béchers (100, 250 et 400 mL) ▪ 2 éprouvettes graduées (25 et 100 mL) ▪ 1 petit entonnoir ▪ 1 petit entonnoir en plastique ▪ 1 grand entonnoir ▪ 1 papier filtre ▪ 4 tubes à essai ▪ 1 support pour tubes à essais ▪ 1 erlenmeyer (250 mL) pour la filtration ▪ 3 statifs (potences) ▪ 3 pinces ▪ 3 noix ▪ 1 verre de montre ▪ 1 pince en bois ▪ 1 agitateur ▪ 1 étuve (armoire de séchage) ▪ 1 papier pour pesées ▪ 1 balance électronique (précision ± 0.1 g) ▪ Vaseline ▪ Crayon ▪ Lampe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sel cuisine (NaCl) ▪ NaCl impur ▪ H₂SO₄ concentré ▪ solution BaCl₂(aq) 1 M (1 mol/L) ▪ Ethanol (CH₃CH₂OH) ▪ Eau distillée

Procédure expérimentale

Soyez attentifs à bien respecter les consignes de sécurité sinon le superviseur peut vous pénaliser ou vous mettre à la porte du laboratoire.

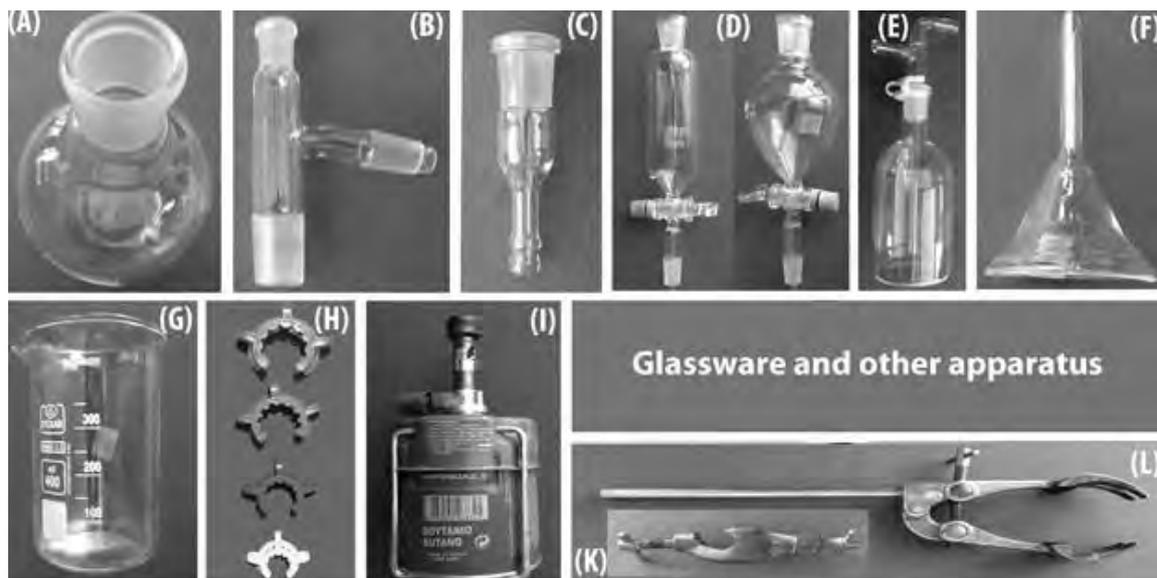


Figure 1: Photos du matériel en verre et des autres appareils utilisés.

- (A) Ballon à fond rond
- (B) Tube adaptateur à 3 voies
- (C) Embout pour relier l'adaptateur à 3 voies avec un tuyau en plastique
- (D) Ampoules pour ajouter un liquide goutte à goutte (deux types différents)
- (E) Bulleur qui sert à trapper des gouttes de liquide
- (F) Entonnoir
- (G) Bécher de 400 mL
- (H) Bagues de fixation de différentes couleurs
- (I) Brûleur de laboratoire
- (K) Noix
- (L) Pince

2.1. Peser 37 g de NaCl impur, les mettre dans un bécher de 250 mL qui contient déjà 100 mL d'eau distillée (NB : la solubilité maximum de NaCl dans l'eau est de 37,5 g pour 100 ml d'eau à la température du laboratoire). Agiter jusqu'à ce que NaCl se dissolve complètement. On obtient ainsi une solution saturée de NaCl dans l'eau. S'il reste des grains blancs de NaCl non dissous, on décante la solution dans un autre bécher de 400 mL (bécher G de la figure 1)



2.2. Prendre 10 mL de cette solution et la mettre dans un tube à essai (solution n°1) pour faire un test plus tard (point 2.11)

2.3. Mettre 40 g de sel de cuisine dans le ballon à fond rond (ballon A de la figure 1).

Assembler l'appareil comme indiqué dans la figure 2. Il faut que **l'appareil soit assemblé sous la hotte.**

Fixer le ballon A sur le statif (potence) au moyen d'une pince et d'une noix. Il faut que l'on puisse mettre un brûleur sous le ballon A pour le chauffer.

Placer l'adaptateur B sur la sortie du ballon en prenant soin de mettre **un peu de vaseline** sur les parties en contact. Bien fixer l'adaptateur au moyen de la bague de couleur verte.

Sur la sortie supérieure de l'adaptateur B, mettre une ampoule D (ne pas oublier la vaseline) et l'attacher au statif avec une pince et une noix. Utiliser la bague de couleur jaune pour l'attacher convenablement à l'adaptateur B. **Attention : le robinet de l'ampoule doit être fermé.**

Sur la sortie latérale, mettre le raccord C (ne pas oublier la vaseline) auquel un morceau de tuyau en plastique est déjà attaché. Fixer ce raccord C à l'adaptateur B au moyen de la bague bleue.

Attacher le bulleur E à un statif au moyen d'une pince et d'une noix, le raccorder au tube en plastique qui vient de C comme indiqué dans la figure 2 (il est possible que ce soit déjà fait). Fixer un 2^e tube en plastique à la 2^e sortie du bulleur E et plonger l'autre extrémité du tube dans la solution du bécher G. Ce tube en plastique doit être fixé à un 3^e statif au moyen d'une pince et d'une noix.

Demander au superviseur qu'il vérifie l'assemblage.

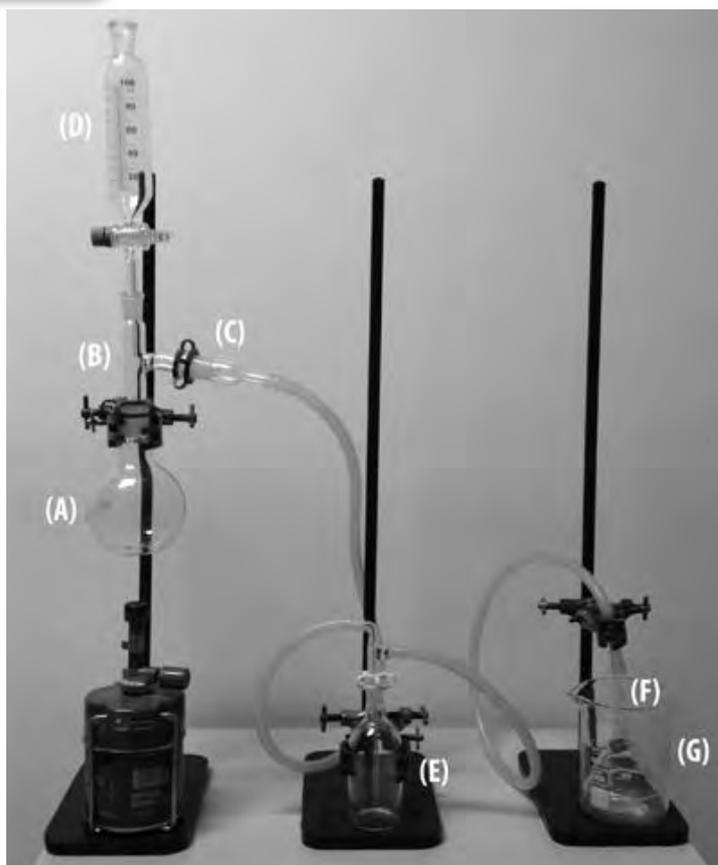


Figure 2: Le montage expérimental pour la purification de NaCl.

Che 1. Répondre à la question sur la feuille de réponse

2.4. Verser prudemment 40 mL de H_2SO_4 concentré dans l'ampoule D. Ne pas oublier de mettre les lunettes et les gants.

ATTENTION: LE ROBINET DE L'AMPOULE DOIT ETRE FERME

2.5. Laisser s'écouler H_2SO_4 goutte à goutte dans le ballon A. Chauffer doucement le ballon (enlever les gants lorsque vous utilisez le brûleur). On observe le dégagement de bulles qui entrent dans le bécher G via les tubes en plastique. Lorsque ce dégagement est terminé, on ferme le robinet de l'ampoule.

Che 2 à 4. Répondre aux questions sur la feuille de réponse



2.6. Mettre un filtre dans l'entonnoir et indiquer sur le bord les initiales de votre pays. Filtrer le mélange qui se trouve dans le bécher G.

2.7. Laver le précipité trois fois au moyen de 10 mL d'éthanol à chaque fois.

2.8. Placer le papier filtre avec le précipité sur un verre de montre et étendre le solide sur toute la surface pour accélérer le séchage. Placer le tout dans l'étuve à 110°C pendant 40 minutes.

Che 5. Répondre à la question sur la feuille de réponse

2.9. Après le séchage, prendre la pince en bois pour sortir le verre de montre de l'étuve. Mettre X grammes de solide séché dans 15 mL d'eau distillée et agiter. X est calculé dans la question Che 5.

2.10 Prendre 10 mL de cette solution dans un tube à essai (**solution n°2**)

2.11. Ajouter 3 gouttes de $\text{BaCl}_2(aq)$ aux **solutions n°1 et 2** et agiter

Che 6 – Che 12. Répondre aux questions sur la feuille de réponse

Electrolyse de $\text{NaCl}_{(aq)}$ avec des électrodes en graphite



L'électrolyse est la somme des réactions d'oxydation et de réduction qui se produisent quand on applique une différence de potentiel (tension) à un électrolyte (en solution ou à l'état fondu). Dans les deux cas, des ions positifs et négatifs sont présents et libres de se déplacer. Les réactions d'oxydo-réduction se produisent en raison d'un courant électrique qui passe à travers l'électrolyte. En conséquence, l'énergie électrique est convertie en énergie chimique. Ce processus a lieu dans ce qui est appelé une cellule d'électrolyse, dont un schéma est repris ci-dessous.

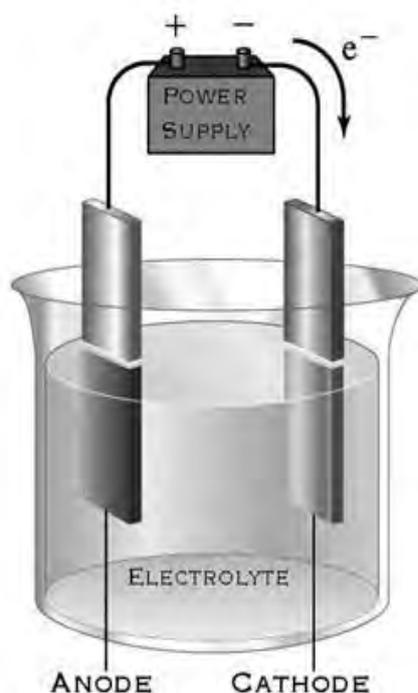


Figure 3: Schéma d'une cellule d'électrolyse

L'électrolyse a un certain nombre d'applications, comme la production industrielle de Na, Al, Cl₂, HCl, NaClO, NaClO₃ et NaOH, ainsi que la galvanoplastie, c'est-à-dire le fait de placer une mince couche d'un métal précieux (par exemple : Ag, Au ou Pt) sur un autre métal moins précieux (plaquage).

Appareil	Matériel
<ul style="list-style-type: none"> Alimentation (5V) Tube de verre en U Potence (statif) et pince 2 Pipettes (compte-gouttes) 2 tubes à essais Porte tube 2 fils de connexion 	<ul style="list-style-type: none"> 2 électrodes en graphite Une solution de NaCl (aq) à 2,0 mol/L Phénolphaléine Une solution de KI_(aq) à 1,0 mol/L Un morceau de pain

Protocole expérimental

- 3.1. Tenir verticalement le tube de verre en U à l'aide de la potence (statif) et de la pince et ajouter la solution de NaCl_(aq) à 2,0 mol/L à environ 2 cm du bord du tube (voir

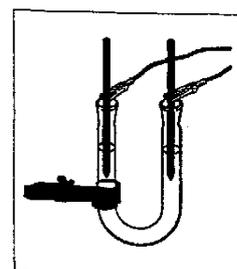




schéma). Connecter les électrodes de graphite à l'alimentation en courant continu ($\approx 5V$) et les placer dans la solution. Laisser l'électrolyse se dérouler pendant environ 5 minutes.

- 3.2. Retirer les électrodes.
- 3.3. Avec un compte-gouttes, prendre environ 2 mL de la solution à la **cathode** et les placer dans un tube à essais (**solution C**).
- 3.4. Avec un compte-gouttes, prendre environ 2 mL de la solution à l'**anode** et les placer dans un tube à essais (**solution A**).
- 3.5. Ajouter environ 10 gouttes de solution de $KI_{(aq)}$ dans la solution A .

Che 13 - 18. Répondez aux questions sur la feuille de réponses.

- 3.6. Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphaléine dans la solution C.

Che 19 - 23. Répondez aux questions sur la feuille de réponses.



Activité B3 – Physique

Utilisation d'une cellule électrolytique pour mesurer la concentration massique d'une solution de chlorure de sodium

Nos objectifs sont

- (a) **étudier expérimentalement la relation entre la conductance électrique d'une solution diluée de chlorure de sodium en fonction de sa concentration massique à l'aide d'une cellule électrolytique (cellule conductométrique)**
- (b) **d'étalonner cette cellule**

Dans une solution, la concentration massique en une substance A, notée C_{mA} , est définie par la relation $C_{mA} = \frac{m_A}{V}$, où m_A est la masse de la substance A dans la solution et V le volume de cette solution.

L'étude se limitera à des solutions dont la concentration massique est comprise entre 2 g pour 100 mL et 6 g pour 100 mL.

On réalisera une courbe d'étalonnage qui permettra de déterminer expérimentalement la concentration en sel d'une solution électrolytique.

Aspects théoriques – Trame du protocole expérimental

Conductance d'une solution de chlorure de sodium – Loi d'Ohm

Une solution ionique conduit le courant électrique. Dans notre cas cette conductance électrique obéit à la **loi d'Ohm**.

Nous plaçons une solution de chlorure de sodium de concentration massique C_{mA} dans un récipient. Nous immergeons deux plaques métalliques (**électrodes**) dans la solution. Ainsi nous avons fabriqué **une cellule électrolytique (cellule conductométrique)**.



Selon la loi d'Ohm, s'il y a une différence de potentiel (ou tension) U entre les deux électrodes, alors un courant électrique traverse la solution, l'intensité de ce courant étant proportionnelle à la différence de potentiel :

$$I = G \times U \quad (1)$$

où G représente la **conductance de la solution électrolytique**.

La conductance est l'inverse de sa résistance, $G = 1/R$.

Elle se mesure en Ω^{-1} ou « Siemens » (de symbole S).

Pour déterminer expérimentalement la conductance de la solution électrolytique : brancher la cellule électrolytique en série avec un générateur et une résistance de 120Ω , dans un circuit fermé. Ensuite utiliser un **voltmètre** pour mesurer la tension aux bornes de la cellule et enfin utiliser un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant traversant le circuit.

La conductance d'une solution ionique dépend de :

- 1) La taille, la position et la forme des électrodes de la cellule.
- 2) La température de la solution ionique.
- 3) La concentration de la solution ionique.

Cela impose que, si nous voulons étudier expérimentalement l'influence de l'un des facteurs précédents, alors il faut maintenir constants les deux autres pendant toute la durée de l'expérience. Ainsi, pour étudier les variations de la conductance en fonction de la concentration de la solution, nous devons être sûrs que les électrodes de la cellule conductimétrique sont toujours maintenues dans la même position et que la température de la solution est constante.

Dans les conditions où sont faites les expériences, nous admettrons que la relation entre la conductance et la concentration massique de la solution en chlorure de sodium est une fonction de type affine. Cela signifie que si l'on dissout du sel de table dans de l'eau du robinet pour former une solution de concentration C_{mA} , alors la relation entre la conductance de la solution et sa concentration est :

$$G = \lambda C_{mA} + G_0 \quad (2)$$

où λ et G_0 sont des constantes qui dépendent de la température, de la nature de la solution et de



la constitution de la cellule conductimétrique.

L'expérience consiste donc à mesurer la conductance de différentes solutions aqueuses salées puis de tracer le graphique correspondant à G en fonction de C_{mA} . Nous vérifierons si les données expérimentales sont cohérentes avec la relation (2) et déterminerons les valeurs des constantes λ et G_0 .

Equipment et matériels

1. Générateur basse fréquence (GBF) YB16200.
[Réglages : se mettre en mode sinusoïdal (courant alternatif AC), Fréquence 1,5 kHz, Power Out : 24 Watt]
2. 2 multimètres.
3. Résistance de 120 Ω .
4. Cellule conductimétrique : système de deux électrodes avec une solution dans un récipient.
4. Interrupteur
5. Fils de connexion
6. Une fiole jaugée de 100 mL.
7. Porte-tube avec 6 tubes à essais.
8. Seringue en plastique de 20 mL.
9. 6 flacons en plastique de 100 mL.
10. Balance précise au dixième de gramme près (0,1 g près)
11. Chlorure de sodium solide.
12. Cuillère en plastique.
13. Récipient en plastique.
14. Marqueur.
15. Papier millimétré.
16. 2 Calculatrices.
17. Règle de 20 cm-30 cm.
18. Crayon, 3 stylos, gomme.
19. Essuie-tout.



Protocole expérimental

Utilisez le bon nombre de chiffres significatifs dans toutes les mesures et calculs.

1. Utilisez la fiole jaugée (encore appelée ballon jaugé), la seringue et la balance pour préparer cinq solutions d'eau salée, avec les concentrations massiques C_{mA} (utilisez l'eau du robinet comme solvant) :

$$2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 3 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 4 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}, 5 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \text{ and } 6 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}},$$

Placez ces solutions dans les flacons en plastique. Nous marquons chaque flacon avec la concentration de la solution qu'il contient.

2. Associez un tube à essais à chaque flacon en indiquant sur chaque tube à essais la concentration de la solution qu'il contient. Remplissez à moitié chaque tube à essais avec la solution du flacon correspondant.
3. Placez la cellule dans le premier tube à essais contenant la solution de concentration $2 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}}$.
4. Schématisez sur votre feuille de réponses, le circuit permettant de réaliser les mesures des conductances des différentes solutions.
5. Ajustez la fréquence du générateur basse fréquence (GBF) à 1,5 kHz et **maintenir cette valeur constante tout au long de l'expérience**. Construisez le circuit à l'aide du matériel.
6. **Laissez l'interrupteur ouvert jusqu'à vérification et évaluation du circuit par le superviseur.** Celui-ci peut corriger le circuit si nécessaire.
Lorsque vous ne prenez pas de mesures, l'interrupteur doit rester ouvert.

Ajustez l'amplitude (la tension U) du signal du GBF au maximum. Attendez un peu, jusqu'à stabilisation de la tension aux bornes de la cellule et du courant traversant le circuit. Reportez ces valeurs dans le tableau A de votre feuille de réponses, puis ouvrez l'interrupteur.

Les valeurs doivent être données avec deux chiffres significatifs .



Répétez la procédure ci-dessus pour chaque solution que vous avez préparée. Chaque fois, assurez-vous de laver et sécher les électrodes de l'appareil.

Traitement et évaluation des données

[Reportez tous vos calculs dans la feuille de réponses]

1. Sur un papier millimétré, tracez le graphe représentant la conductance (G) en fonction de la concentration (C_{mA}) en mettant G en ordonnée et C_{mA} en abscisse.
2. En vous basant sur le graphe, déterminez les valeurs des constantes λ et G_0 utilisées dans la relation (2).
3. Demandez au superviseur de vous fournir un flacon contenant une solution de concentration inconnue X en chlorure de sodium, notée C_{mX} . Déterminez expérimentalement la concentration de la solution en chlorure de sodium, en utilisant votre dispositif expérimental et votre graphique d'étalonnage.