

Activité 7.1 – Dissolution et concentration des ions en solution

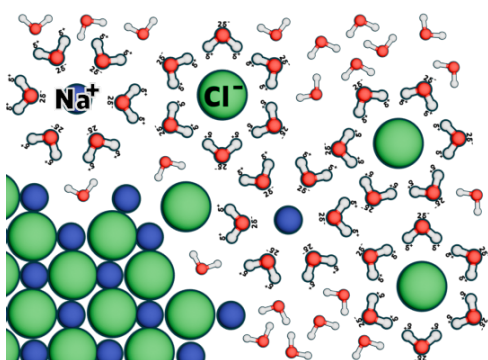
Objectifs :

- Comprendre le lien entre un composé ionique et les ions qui le constitue.
- Savoir calculer la concentration d'un ion à partir de la concentration d'un composé ionique.

Contexte : De nombreuses analyses médicales reposent sur le fait de mesurer la concentration d'espèces dissoutes dans le sang.

→ Quels sont les principes chimiques qui permettent d'étudier la composition ionique d'une solution ?

Document 1 – Neutralité des solutions



↑ Dissolution du chlorure de sodium

Une solution est **électriquement neutre**, que le soluté soit moléculaire ou neutre !

Une molécule est composée d'atomes électriquement neutres, un soluté moléculaire ne possède donc pas de charge électrique.

Un ion est électriquement chargé. Pour qu'une solution ionique soit électriquement neutre, il faut une proportion d'anions (ions négatifs) et de cations (ions positifs) conduisant à une charge électrique totale nulle.

Document 2 – Équation de dissolution et calcul de concentration

Pour déterminer la concentration **des espèces ioniques** dissoutes à partir de la concentration **en soluté**, on utilise la concentration en quantité de matière ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$).

► *Exemple :* Pour la dissolution du chlorure d'aluminium, une entité de chlorure d'aluminium AlCl_3 produit 1 ion aluminium III Al^{3+} et 3 ions chlorure Cl^- .

Donc, si on a une concentration en chlorure d'aluminium de $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on aura une concentration de $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ion aluminium III et une concentration de $3 \times 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ion chlorure.

Document 3 – Quelques composés ioniques

Composé ionique	Formule brute	Cation	Anion
Sulfate de magnésium	MgSO_4	Ion magnésium Mg^{2+}	Ion sulfate SO_4^{2-}
Chlorure de sodium	NaCl	Ion sodium Na^+	Ion chlorure Cl^-
Hydroxyde de sodium	NaOH	Ion sodium Na^+	Ion hydroxyde HO^-
Chlorure de fer II	FeCl_2	Ion fer II Fe^{2+}	Ion chlorure Cl^-

1 – Écrire l'équation de dissolution du chlorure de fer FeCl_2 .

2 — 6,0 g de chlorure de fer sont dissous dans 1,0 L d'eau. Calculer la concentration en masse c_m de chlorure de fer dans la solution.

3 — Calculer la concentration en quantité de matière en utilisant la relation suivante

$$c(\text{FeCl}_2) = \frac{c_m(\text{FeCl}_2)}{M(\text{FeCl}_2)}$$

Données :

- $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

4 — En déduire la concentration en quantité de matière des ions fer notés $[\text{Fe}^{2+}]$ et des ions chlorure notés $[\text{Cl}^-]$.

TP 7.1 – Préparer une solution de glucose

Objectifs :

- ▶ Revoir le principe d'une dissolution et d'une dilution
- ▶ Réaliser une dissolution et une dilution.

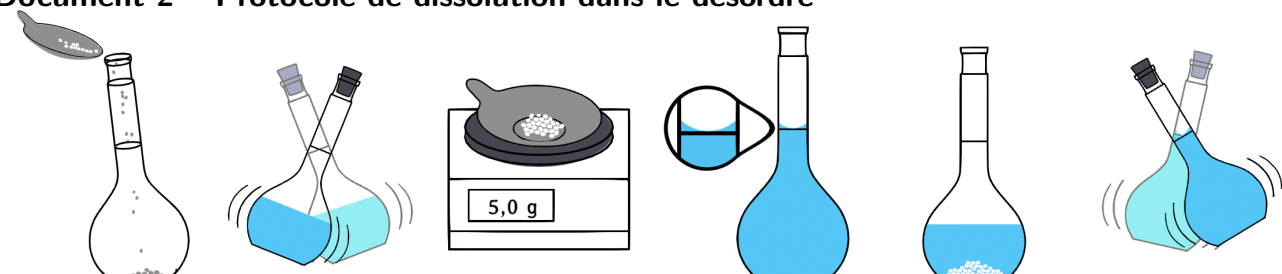
Contexte : Les patient-es en hypoglycémie ont besoin d'un apport en glucose contrôlé. Pour ça, à l'hôpital on prépare des solution avec une concentration en glucose précise.

→ **Comment préparer une solution avec une concentration donnée en réalisant une dissolution ou une dilution ?**

Document 1 – Solution glucosée

Une solution de glucose à 5 % signifie qu'elle contient 5,0 g de glucose pour 100 g de solution, soit 100 mL de solution aqueuse.

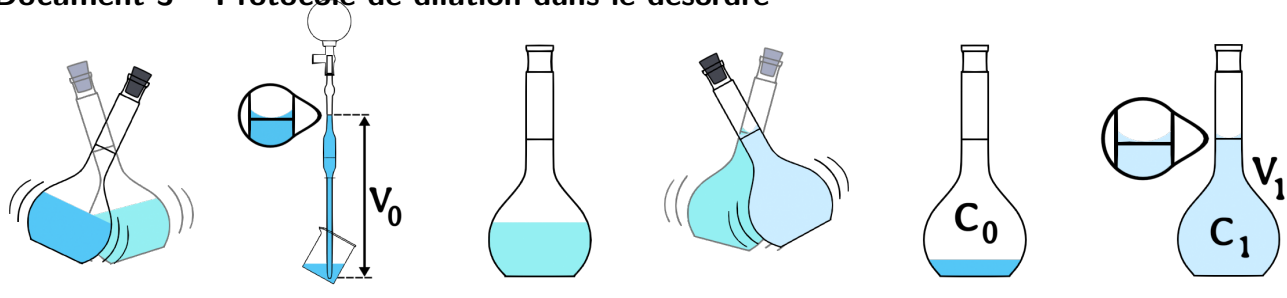
Document 2 – Protocole de dissolution dans le désordre



The diagram shows a sequence of six steps for preparing a glucose solution in a volumetric flask:

- 1** Verser le solide dans la fiole jaugée (Pouring the solid into the volumetric flask)
- 2** Agiter la fiole pour dissoudre le solide (Agitating the flask to dissolve the solid)
- 3** Peser le glucose en poudre (Weighing the glucose powder on a scale showing 5,0 g)
- 4** Remplir avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (Filling with distilled water up to the graduation mark)
- 5** Verser de l'eau distillée jusqu'au 2/3 de la fiole (Pouring distilled water up to 2/3 of the flask)
- 6** Agiter de nouveau pour homogénéiser (Agitating again to homogenize)

Document 3 – Protocole de dilution dans le désordre



The diagram shows a sequence of six steps for diluting a glucose solution:

- 1** Agiter la fiole pour homogénéiser (Agitating the flask to homogenize)
- 2** Prélever la solution mère à diluer (Using a volumetric pipette to take a volume V_0 of the mother solution)
- 3** Verser de l'eau distillée jusqu'au 2/3 (Pouring distilled water up to 2/3 of the flask)
- 4** Agiter de nouveau pour homogénéiser (Agitating again to homogenize)
- 5** Verser la solution mère dans la fiole jaugée (Pouring the mother solution into the volumetric flask, labeled C_0)
- 6** Remplir avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (Filling with distilled water up to the graduation mark, labeled C_1 and V_1)

Document 4 – Facteur de dilution

Le **facteur de dilution** est le rapport du volume de la solution fille sur le volume de la solution mère prélevée

$$F = \frac{V_1}{V_0}.$$

C'est aussi le rapport de la concentration mère sur la concentration fille

$$F = \frac{c_0}{c_1}.$$

On dit qu'on a dilué F fois une solution.

1 — Il faut préparer une solution de glucose de 50 mL à 15 % pour une patiente hypoglycémique. Calculer la masse de glucose en poudre à prélever pour la solution.

2 — Remettre dans l'ordre les étapes du protocole de dissolution.

 Réaliser la solution de glucose à 15 %.

3 — Pour un autre patient, il faut réaliser une solution de 50 mL, 10 fois moins concentrée que la première. Calculer le volume à prélever de la première solution (solution mère) afin de réaliser une deuxième solution de 50 mL (solution fille).

4 — Calculer la concentration en glucose de la deuxième solution.

5 — Remettre dans l'ordre les étapes du protocole de dilution.

 Réaliser la deuxième solution de glucose à l'aide d'une dilution.

TP 7.2 – Analyse sanguine

Objectifs :

- Comprendre le principe d'un dosage spectrophotométrique.
- Interpréter les résultats d'une analyse sanguine.
- Réaliser un dosage par étalonnage.

Contexte : Pour vérifier son état de santé, on effectue souvent des analyses de sang, qui représentent 90 % des analyses médicales. Le sang est une solution composée d'un liquide (le plasma), de cellules (plaquettes, globules rouges et blancs) et d'un grand nombre d'espèces chimiques.

→ **Comment mesurer la concentration en hémoglobine dans un échantillon sanguin ?**

Document 1 – Principe de la spectrophotométrie

Pour déterminer la concentration d'une solution en hémoglobine, on peut utiliser une **courbe d'étalonnage** obtenue par **spectrophotométrie**.

Un spectrophotomètre mesure l'**absorbance** A d'une espèce chimique colorée en solution pour une longueur d'onde λ donnée. La longueur d'onde est choisie pour avoir **une absorbance maximale**. L'absorbance est une grandeur sans unité qui est **proportionnelle** à la concentration de l'espèce colorée étudiée.

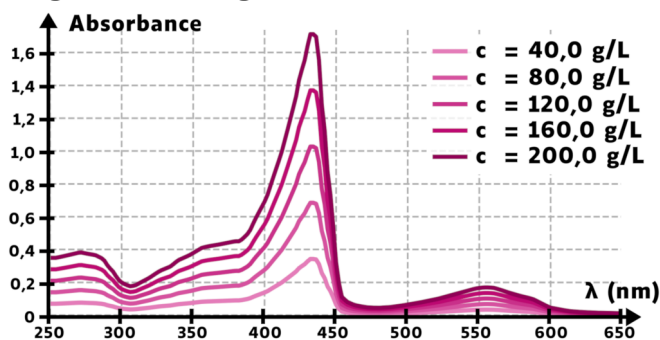
1 – Quelles est la relation mathématique qui relie deux grandeurs proportionnelles ? Graphiquement, comment peut-on observer que deux grandeurs sont proportionnelles ?

Document 2 – Principe du dosage par étalonnage de l'hémoglobine

L'hémoglobine est responsable de la teinte rouge du sang. Cette coloration du sang est proportionnelle à la quantité d'hémoglobine présente dans le sang. L'absorbance est donc proportionnelle à la quantité d'hémoglobine dans le sang.

Ci-contre, des courbes d'absorbance pour différentes **solutions étalons** avec des concentrations d'hémoglobine connues ont été mesurées. C'est le principe du **dosage par étalonnage** :

on mesure l'absorbance d'une gamme de solutions étalons avec différentes concentrations pour obtenir une droite d'étalonnage. En mesurant l'absorbance de l'échantillon de sang que l'on veut doser, on peut donc déterminer la concentration en hémoglobine en réalisant une simple lecture graphique.



2 – Pour quelle valeur de la longueur d'onde l'absorbance est-elle maximale ?

Elle est maximale pour 440 nm.

3 – Pour les 5 solutions étalons, donner la valeur maximale de l'absorbance.

Tracer la concentration en hémoglobine en fonction de l'absorbance maximale.

4 — Après utilisation du spectrophotomètre sur l'échantillon de sang d'un patient, on trouve une absorbance de 1,1 pour 440 nm. Donner, en justifiant, la concentration en hémoglobine du patient.

Document 3 – Résultats d'analyse

L'analyse sanguine complète du patient est donné ci-dessous :

LABORATOIRES BioTech

Patient : A. Coulibaly

Résultats de l'analyse

Valeurs de référence

Hématologie

Leucocytes	4,19 G/L	1,50 à 4,00 G/L
Hémoglobine	14,5 g · dL ⁻¹	13,0 à 18,0 g · dL ⁻¹
Plaquettes	301 G/L	150 à 300 G/L

Bilan lipidique

Triglycérides	1,80 g · L ⁻¹	< 1,50 g · L ⁻¹
Cholestérol total	2,50 g · L ⁻¹	< 2 g · L ⁻¹

Chimie du sang

Glycémie à jeun	0,811 mg · L ⁻¹	0,70 à 1,10 g · L ⁻¹
Ferritine	118,3 mg · L ⁻¹	22,0 à 322,0 g · L ⁻¹

* G/L : milliard de cellules par litre.

5 — Est-ce que le résultat de l'analyse pour l'hémoglobine est cohérent avec ce que vous avez mesuré à partir de la courbe d'étalonnage ?

Document 4 – Bilan lipidique

Le bilan lipidique indique les taux en cholestérol total et en triglycérides. Des valeurs trop élevées en cholestérol sont des facteurs à risque pour les maladies cardio-vasculaires.

Une modification du régime alimentaire peut permettre de réduire son taux de cholestérol, en diminuant les graisses saturées ou « trans » et en augmentant la consommation de fibres alimentaire ou d'oméga 3.

Document 5 – Glycémie

La glycémie à jeun correspond à la concentration en glucose dans le sang après un minimum de 12 heures de jeûne.

Une glycémie à jeun inférieure à 1,09 g · L⁻¹ révèle un état non-diabétique. De 1,10 à 1,25 g · L⁻¹, c'est le signe d'une mauvaise tolérance au glucose. Une valeur supérieure ou égale à 1,26 g · L⁻¹ obtenue lors de deux analyses successives indique que le ou la patiente souffre de diabète.

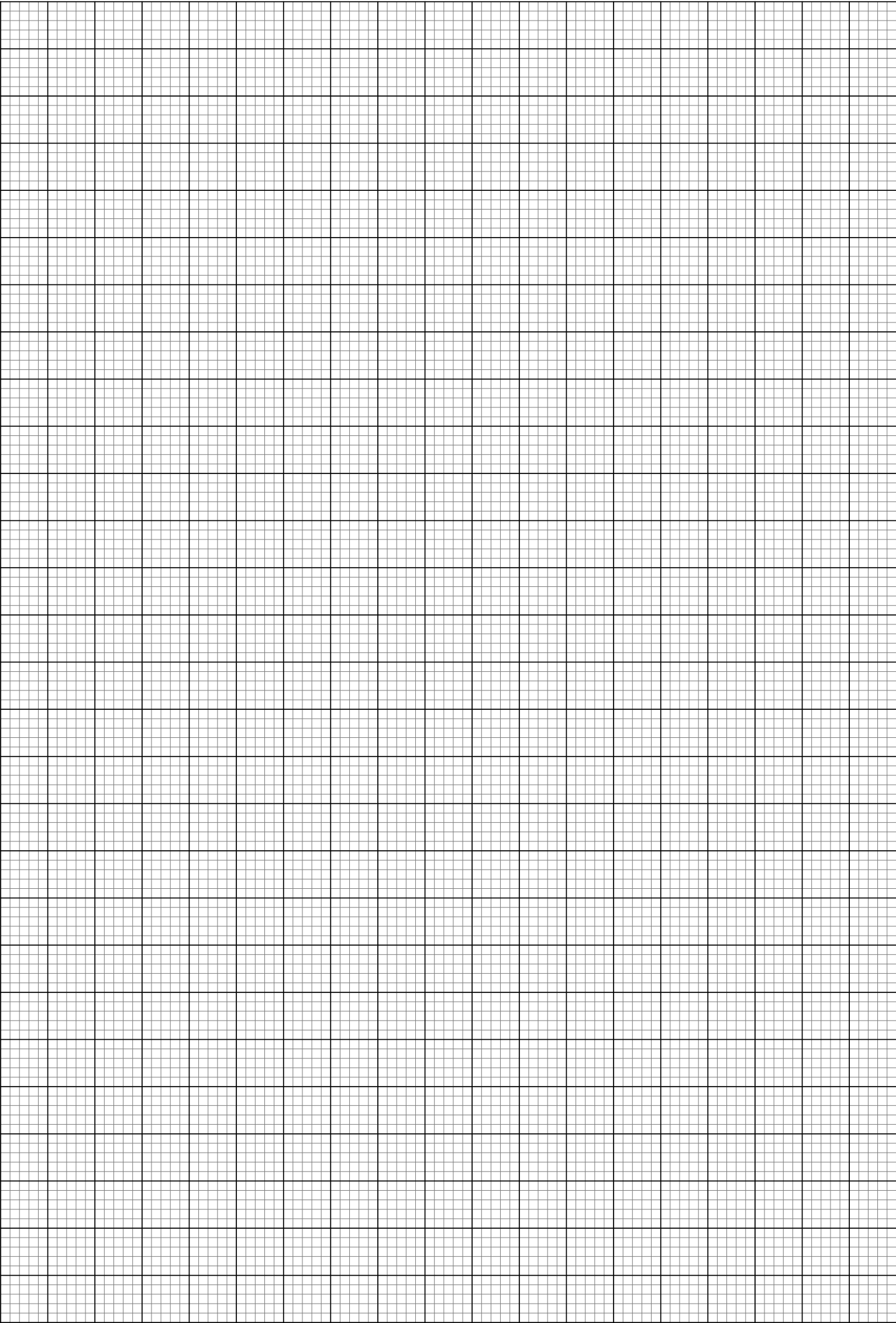
Une trop grande concentration de glucose dans le sang entraîne des dégâts dans l'ensemble du corps (yeux, reins, système cardiaque, etc.).

6 — Donner la concentration en triglycérides de M. Coulibaly

7 — Le corps d'un homme adulte contient environ 5 L de sang. Calculer la concentration massique en triglycéride de M. Coulibaly.

8 — Tracer un axe horizontal gradué pour la glycémie et y indiquer les trois zones décrites dans le document 5.

9 — Interpréter les résultats de l'analyse sanguine et donner au patient des conseils nutritionnels adaptés.



Activité 7.2 – Enjeux sanitaire et milieux naturels

Objectifs :

- ▶ Comprendre comment tracer une substance en milieu biologique ou naturel.
- ▶ Connaître les effets d'un polluant chimique sur la santé.
- ▶ Comprendre l'acidification d'une eau par dissolution du dioxyde de carbone.

Document 1 – Bioaccumulation et traçabilité

Certains végétaux, animaux ou champignons peuvent absorber des substances chimiques dans leur organisme : c'est la **bioaccumulation**.

La **traçabilité** est la capacité à retracer tous le chemin suivi par une substance, du producteur au consommateur.

Certains organismes comme les moules, les champignons ou les lichens absorbent les métaux présents dans le sol qui les entourent. Ils sont utilisés comme **bio-indicateur** par les scientifiques et les agences publiques pour analyser la composition des milieux naturels.

Par exemple, en Guyane on utilise des moules d'eau douce comme bio-indicateurs, pour mesurer la concentration en mercure dans les rivières. Le mercure est rejeté illégalement dans les rivières par les orpailleurs (chasseurs d'or), car il va former des amalgames avec l'or des rivières, ce qui facilite sa récupération : il suffit de chauffer l'amalgame pour obtenir de l'or pur.

Pour lutter contre l'or récupéré de cette façon, le **programme Traçabilité Analytique de l'Or (TAO)** a été mis en place, pour rendre difficile la vente d'or de provenance inconnue. L'orpaillage illégal est actuellement une des plus importantes sources de déforestation et de pollution chimique au mercure en Guyane. Cela menace les populations locales, ainsi que la biodiversité des forêts et des rivières.

Document 2 – Particules fines

Les particules fines provoquent des troubles respiratoires, cardiovasculaires et sont cancérogènes. Leur toxicité dépend de leur composition, mais aussi de leur taille. **Les plus petites particules peuvent passer dans le sang et sont plus dangereuses.**

On classe les particules par tailles :

- les **PM_{2,5}** sont les particules avec un diamètre inférieur à 2,5 µm ;
- les **PM₁₀** sont les particules avec un diamètre compris entre 2,5 µm et 10 µm.

Les principales sources de particules fines sont les chauffages individuels, certaines industries, l'agriculture et surtout les voitures. À cause de leur taille, **on ne peut pas éliminer les particules fines dans l'atmosphère**, mais on peut limiter leurs émissions. On peut contrôler la concentration en particules fines avec des détecteurs spécialisés, qu'il faut changer régulièrement, car ils s'encrassent rapidement.

Document 3 – Pollution des eaux par des hormones

Les effluents en zones urbaines sont la source principale de **libération d'hormones** dans les milieux aquatiques, à cause d'un manque de traitement des eaux rejetées.

Les hormones rejetées se retrouvent dans nos aliments, l'eau potable et **peuvent perturber le fonctionnement du système endocrinien, même à très faible doses**, de l'ordre du $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$.

Il est difficile d'établir un lien de cause à effet entre cette pollution aux hormones et des maladies, mais depuis des décennies il y a une augmentation importante de certaines maladies qui pourraient être liées à ses hormones.

On ne comprend pas parfaitement les mécanismes d'élimination des hormones en milieu naturel, mais leur concentration évolue de la même manière que la population d'un échantillon radioactif.

La durée d'élimination d'une hormone est caractérisée par sa **demi-vie** $t_{1/2}$, qui est le temps nécessaire pour que la concentration initiale en hormone soit divisée par 2.

La demi-vie peut varier de **quelques heures à plusieurs semaines**, selon l'hormone et les conditions de dégradations.

Document 4 – Acidification de l'eau et des océans

En augmentant la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère, on augmente aussi la quantité de dioxyde de carbone dissoute dans les océans et les rivières.

Quand du dioxyde de carbone est dissous dans de l'eau douce ou salée, cela entraîne une diminution du pH.

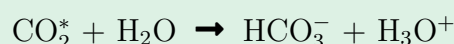
La concentration en ion oxonium H_3O^+ augmente, ce qui est néfaste pour les mollusques et les coraux, car l'ion oxonium vient dissoudre leur coquilles composées de calcaire, le carbonate de calcium $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$.

Augmenter la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère diminue donc la quantité d'ion carbonate CO_3^{2-} et complique donc la formation des coquilles des mollusques, ce qui implique souvent leur mort prématurés.

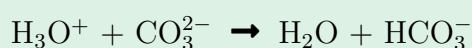
On peut comprendre ce phénomène en regardant les couples acides/bases impliqués.

- Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau, noté CO_2^* , forme un couple acide/base avec l'ion hydrogénocarbonate : $\text{CO}_2^*/\text{HCO}_3^-$.
- L'ion hydrogénocarbonate forme un couple avec l'ion carbonate $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$.
- Ces couples acide/base vont réagir avec le couple acide/base de l'eau $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$.

1 – Écrire la réaction chimique entre l'eau et le dioxyde de carbone dissous dans l'eau.



2 – Écrire la réaction chimique entre les ions oxonium H_3O^+ et l'ion carbonate CO_3^{2-} .



3 – Écrire la somme de ces deux équations et expliquer pourquoi la présence de dioxyde de carbone entraîne la dissolution des coquilles de mollusques.

