

## Activité 6.1 – Propriétés de l'eau

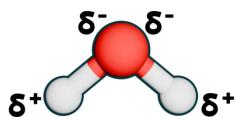
### Objectifs :

- ▶ Comprendre la modélisation de la dissolution des composés ioniques.
- ▶ Comprendre le lien entre présence d'ions et conductivité électrique.

**Contexte :** L'eau sous forme liquide est un très bon solvant pour les entités chimiques polaires ou ioniques. Les solutions aqueuses avec des espèces chimiques ioniques sont de bonnes conductrices électriques.

→ **Comment expliquer les propriétés des solutions aqueuses ?**

### Document 1 – La molécule H<sub>2</sub>O



L'eau est une molécule **polaire**. C'est comme si elle était composé de charges séparées  $\delta^-$  et  $\delta^+$  ( $\delta$  est un nombre compris entre 0 et 1).

### Document 2 – Un peu de vocabulaire

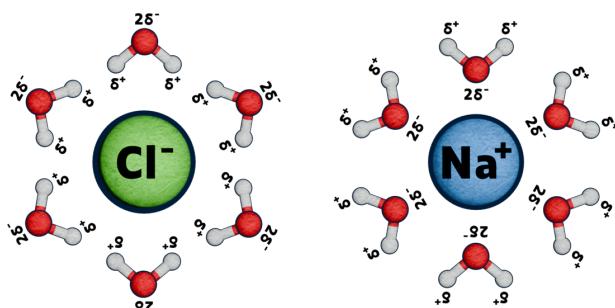
- **Liaison ionique** : liaison entre un cation (positif) et un anion (négatif).
- **Solvatation** : dissolution d'une espèce ionique dans le solvant.
- **Solubilité** : masse maximale d'une espèce chimique que l'on peut dissoudre dans un liquide, exprimée en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

### Document 3 – Solubilité des espèces ioniques dans l'eau

Une espèce ionique est composé d'un **cation** et d'un **anion**, relié par une **liaison ionique**. En contact avec de l'eau liquide, l'espèce ionique se sépare en deux espèces chimiques. Les anions et les cations sont entourés par des molécules d'eau à cause de leur polarité, les charges + sont attirées par les charges -.



Cette modélisation s'appelle la **solvatation**. Ce modèle permet d'expliquer la **solubilité** de certaines espèces ioniques dans l'eau.



↑ Interaction entre les molécules d'eau et les ions d'une espèce ionique, le sel  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ .

1 — Expliquer avec vos mots la solubilité des espèces ioniques dans l'eau.

### Document 4 – Lien entre conductivité et ions dissous

Les solutions aqueuses avec des espèces ioniques sont de **bons conducteurs électriques**.

La **conductivité électrique**  $\sigma$  (sigma) se mesure avec un **conductimètre**. Son unité est le **siemens par mètre**  $S \cdot m^{-1}$ .

La conductivité électrique dépend de la composition de la solution aqueuse.

Concentration en ion (mg/L)	$\text{Ca}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	Conductivité $\sigma$ à 25 °C
Eau distillée	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Eau 1	202	306	36	402	0	0	<b>0,156 7</b>
Eau 2	78	10	24	357	1	4,5	<b>0,064 0</b>
Eau saturée en KCl	0	0	0	0	391	355	<b>0,150 2</b>

**2 —** Donner le nom de la grandeur qui permet d'évaluer si une solution conduit bien l'électricité. Donner aussi l'unité et l'appareil qui permet de mesurer cette grandeur.

**3 —** Expliquer la conductivité des 4 solutions présentées dans le tableau du document 4.

#### Document 5 – Eau déminéralisée ou distillée

	Eau déminéralisée	Eau distillée
Description	Eau sans ions	Eau pure avec quelques gaz dissous
Utilisation	Chimie, ménage	Chimie, médical
Conductivité	faible	faible
Micro-organismes (dont bactéries)	Présents	Absents

**4 —** Expliquer la différences entre une eau déminéralisée et une eau distillée.

**5 —** Expliquer pourquoi on n'utilise pas une eau déminéralisée dans le domaine médical.

## Activité 6.2 – Potabilité et pollution des eaux

### Objectifs :

- ▶ Voir la définition de potabilité, comprendre qu'une eau non-potable n'est pas forcément toxique.

**Contexte :** Les activités industrielles humaines polluent les fleuves et les rivières, composés d'eau douce, mais aussi les océans et les mers, composés d'eau salée. Ainsi, dans les 50 dernières années, la qualité des eaux s'est considérablement dégradée.

→ **Quels paramètres physico-chimiques permettent de contrôler la qualité d'une eau ?**

### Document 1 – Concentration en ions

Pour mesurer la qualité d'une eau, il faut pouvoir décrire sa composition en ions. Pour ça, on va utiliser la **concentration ionique en masse** et la **concentration ionique en quantité de matière**.

La **concentration ionique en masse** (« concentration massique ») d'un ion en solution

$$c_{m,X} = \frac{m_X}{V}$$

$m_X$  est la masse d'ion en g  
 $V$  est le volume de la solution en L

L'unité de  $c_{m,X}$  est  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

La **concentration ionique en quantité de matière** (« molaire ») d'un ion en solution

$$[X] = \frac{n_X}{V}$$

$n_X$  est la quantité de matière d'ion en mol  
 $V$  est le volume de la solution en L

L'unité de  $[X]$  est  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

1 — Indiquer les unités de  $c_{m,X}$  et de  $[X]$  dans le document 1.

2 — Donner la relation littérale qui permet de calculer la masse d'ion en fonction de la concentration ionique massique et du volume d'eau.

### Document 2 – Potabilité d'une eau

Pour qu'une eau soit désignée comme potable, elle doit répondre à plusieurs critères. Ces critères sont établis par l'Organisation Mondiale de la Santé, l'OMS.

**Organoleptique :** qui affecte les sens.

- **Qualité microbiologique** : l'eau est consommable s'il n'y a pas de germes témoins de matières fécales, de parasites et de micro-organismes pathogènes. Il n'y a pas de seuil de tolérance pour la qualité bactériologique de l'eau : c'est une **limite de potabilité**.
- **Qualités organoleptiques** : l'eau ne doit pas avoir d'odeur, ni de saveur particulière. L'eau doit être limpide.
- **Critères physico-chimiques** que l'eau doit respecter

Paramètres	Limite de potabilité
$\text{Cl}^-$	$200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
$\text{Na}^+$	$200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
$\text{SO}_4^{2-}$	$250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
pH	Entre 6,5 et 9
Température	< $25^\circ\text{C}$
Conductivité	Entre 200 et $1\,100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ à $25^\circ\text{C}$

↑ Exemple de critères physico-chimiques de potabilité d'une eau.

- 3 — Lister les critères physico-chimiques que doit respecter une eau potable.

### Document 3 – Etiquettes d'eau minérale

Vichy St Yorre		Mont Roucous		Cristalline	
Minéralisation : mg pour 1 L		Minéralisation : mg pour 1 L		Minéralisation : mg pour 1 L	
$\text{HCO}_3^-$	4 368	$\text{HCO}_3^-$	1	$\text{HCO}_3^-$	228
$\text{Cl}^-$	322	$\text{Cl}^-$	2	$\text{Cl}^-$	15
$\text{Na}^+$	1 708	$\text{Na}^+$	3,2	$\text{Na}^+$	8,4
$\text{SO}_4^{2-}$	174	$\text{SO}_4^{2-}$	6,9	$\text{SO}_4^{2-}$	11
$\text{K}^+$	110	$\text{F}^-$	< 0,1	$\text{K}^+$	2,3
$\text{Ca}^{2+}$	90	$\text{Ca}^{2+}$	2,7	$\text{Ca}^{2+}$	549
$\text{F}^-$	1	$\text{NO}_3^-$	1,8	$\text{NO}_3^-$	< 1
$\text{Mg}^{2+}$	11	$\text{Mg}^{2+}$	0,3	$\text{Mg}^{2+}$	6,9

↑ Composition de trois eaux minérales commerciales.

- 4 — Indiquer quelle eau du document 3 est potable selon les critères de l'OMS.

### Document 4 – Impact des activités humaines sur la qualité chimique de l'eau

Depuis les années 1950, la qualité des eaux s'est fortement dégradée. Cette dégradation met en péril les écosystème en milieux aquatiques et marins.

Dans les océans, on constate :

- une diminution du pH des océans due à l'absorption de dioxyde de carbone émis par les activités humaines ;
- une salinité (concentration ionique en sodium et chlorure) accrue ;
- une augmentation de la température des eaux ;
- une augmentation de la présence de matières plastiques et d'hydrocarbures.



Dans les rivières, leur pollution dépend de leur localisation. En fonction des industries et des villes à proximité, leur qualité est plus ou moins altérée. Le site eauFrance permet de suivre la

qualité des rivières en France (scanner le QR code pour y accéder).

Macropolluants	Micropolluant	
	Organiques	Inorganiques
Matières en suspension, nitrates, phosphates, ...	Hydrocarbures, plastifiant, pesticides, détergents, médicaments, ...	Métaux et autres éléments lourds : Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Zn, Co, ...

↑ Types de polluants qu'on peut retrouver dans les eaux (rivière ou mer).

**5 —** Aller sur le site eauFrance et indiquer quelle est la proportion des cours d'eau qui sont dans un bon état chimique en 2015. Cette proportion a-t-elle augmenté par rapport à 2010 ?

**6 —** Quels sont les zones de la France où les cours d'eau sont dans le moins bon état chimique ? Et le moins bon état biologique ?

**7 —** En cherchant sur le site eauFrance, expliquer le phénomène **d'eutrophisation des milieux aquatiques.**

## TP 6.1 – Contrôle de la qualité d'une eau du robinet

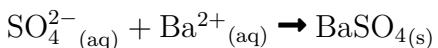
### Objectifs :

- ▶ Comprendre le principe d'un dosage conductimétrique
- ▶ Savoir lire un volume équivalent à partir de l'évolution de la conductivité

**Contexte :** La teneur en ions  $\text{Cl}^-$  d'une eau destinée à la consommation ne doit pas dépasser  $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . → **Comment contrôler cette limite de qualité ?**

### Document 1 – Principe d'un dosage conductimétrique

Pour réaliser un dosage conductimétrique, on utilise une espèce chimique ionique pour qu'elle réagisse avec l'ion dont on veut mesurer la concentration pour former un solide.  
Par exemple, on veut mesurer les ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  présents dans de l'eau. On va utiliser une **solution titrante** d'ions baryum  $\text{Ba}^{2+}$  pour doser, car les ions sulfate et baryum se transforment en une espèce solide :



Comme on transforme des ions en solide, la solution voit d'abord sa conductivité baisser, avant de remonter quand tous les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  présents au départ ont été transformés.

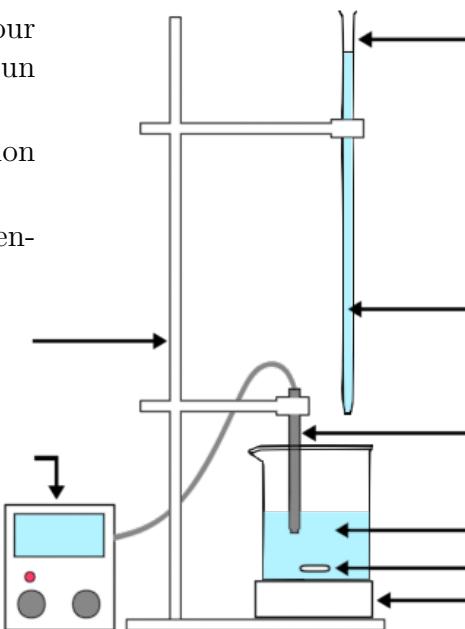
Cette variation de la conductivité permet de mesurer précisément **l'équivalence**. À l'équivalence, on a introduit la même quantité de matière de  $\text{Ba}^{2+}$  qu'il y avait d'ions  $\text{SO}_4^{2-}$  initialement

$$n(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{SO}_4^{2-})$$

### Document 2 – Protocole d'un dosage conductimétrique

En pratique pour réaliser un dosage conductimétrique, il faut :

- ▶ verser millilitre par millilitre la **solution titrante** dans l'eau à doser ;
- ▶ mesurer la **conductivité**  $\sigma$  pour chaque millilitre versé avec un **conductimètre** ;
- ▶ tracer la conductivité en fonction du volume versé  $V$  ;
- ▶ tracer les deux droites de tendance de la conductivité.



À l'intersection des droites, on a **l'équivalence**, associé au **volume d'équivalence**  $V_{\text{eq}}$ . L'équivalence permet de calculer la concentration de l'espèce qui nous intéresse.

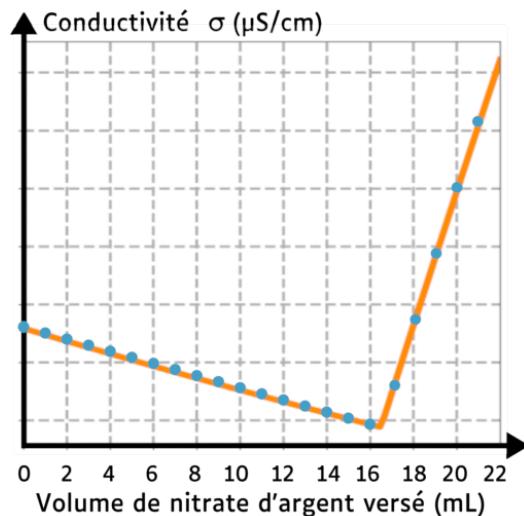
**Document 3 – Dosage d'une eau du robinet**

Pour contrôler la qualité de l'eau du robinet, on réalise un dosage conductimétrique.

On préleve  $V_{\text{eau}} = 200 \text{ mL}$  d'eau du robinet dont on veut déterminer la concentration en ions  $\text{Cl}^-$ . On dose cette eau avec une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), de concentration en ions  $[\text{Ag}^+] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Une fois mélangés, les ions argent et les ions se transforment pour former un précipité blanc de d'argent  $\text{AgCl}$ .

On obtient la courbe de dosage présentée à droite, avec les points mesurées et les deux droites de tendances. Les deux droites se croisent pour  $V = 16,5 \text{ mL}$ .



**1 –** Donner l'espèce chimique titrante et l'espèce que l'on veut doser dans l'eau du robinet.

**2 –** Écrire la réaction de dosage entre l'espèce titrante et l'espèce à doser.

**3 –** Donner la valeur du volume équivalent  $V_{\text{eq}}$ .

**4 –** Calculer la concentration molaire  $[\text{Cl}^-]$ , en montrant que  $[\text{Ag}^+] \times V_{\text{eq}} = [\text{Cl}^-] \times V_{\text{eau}}$ .

**5 –** Calculer la concentration massique en ions dans cet échantillon d'eau du robinet. Conclure si cette eau du robinet est propre à la consommation ou non.

**Donnée :**  $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

## TP 6.2 – Composition de l'air

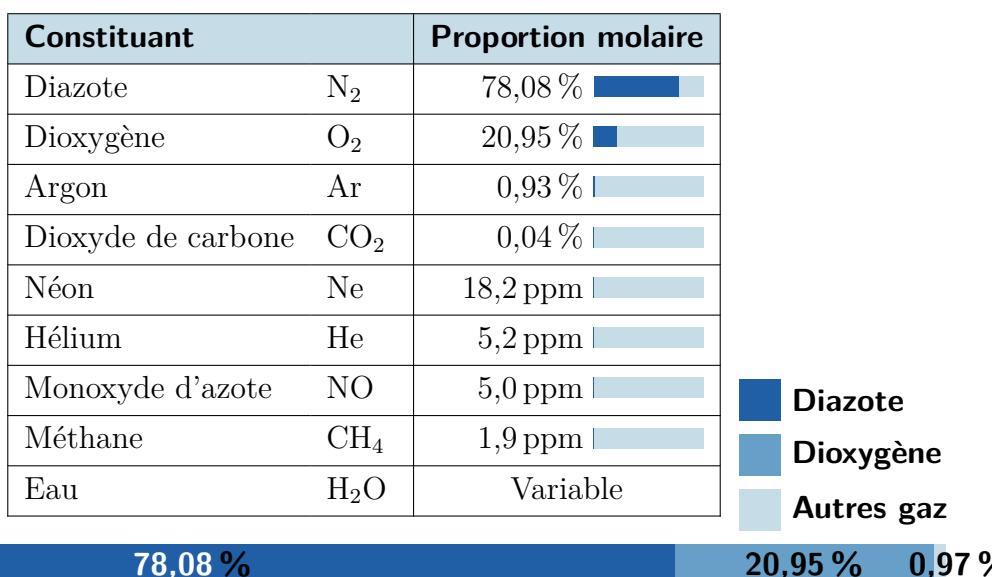
### Objectifs :

- ▶ Connaître la composition de l'air.
- ▶ Connaître quelques tests d'identification de gaz présents dans l'air.
- ▶ Savoir calculer une fraction molaire.

**Contexte :** L'air qui nous entoure et qui nous permet de respirer est un mélange composé de plusieurs molécules.

→ **Quelle est la composition de l'air et comment la mesurer ?**

### Document 1 – Composition de l'air



1 % signifie qu'il y a 1 molécule sur un total de 100 molécules.

1 ppm signifie qu'il y a 1 molécule sur un total de 1 000 000 de molécules.

### Document 2 – Fraction molaire

La **fraction molaire** est le rapport entre la quantité de matière du constituant considéré et la quantité de matière totale dans le mélange étudié.

La fraction molaire est noté  $x_i$  pour le constituant  $i$ . Elle varie entre 0 et 1 et se calcule avec la relation :

$$x_i = \frac{n_i}{n_{\text{tot}}}$$

$n_i$  est la quantité de matière du constituant  $i$ .

$n_{\text{tot}}$  est la quantité de matière totale dans le mélange.

**1 —** Arrondir les proportion des 4 premiers éléments, puis les ramener à des fractions entières les plus simple possible (exemple : 78,08 %  $\simeq$  80/100 = 4/5).

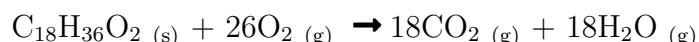
**Document 3 – Quelques tests pour identifier des espèces chimiques**

- L'eau de chaux est une solution saturée en hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . En présence de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ , l'eau de chaux se trouble. C'est dû à la formation d'un précipité blanc de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .
- Le sulfate de cuivre anhydre  $\text{CuSO}_4$  est une poudre blanche. En contact avec des molécules d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  la poudre bleuit. C'est dû à la formation d'un complexe pentahydrate  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
- La combustion d'une allumette nécessite un combustible, la cellulose de formule brute  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  du bois de l'allumette, et un comburant, le dioxygène  $\text{O}_2$ . Cette réaction chimique forme du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et de la vapeur d'eau  $\text{H}_2\text{O}$ .

**2 –** Pour chacun des 3 tests, établir l'équation de la réaction chimique mise en jeu.

**Document 4 – Combustion d'une bougie**

Le combustible d'une bougie est l'acide stéarique de formule brute  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ . L'équation de la réaction de combustion d'une bougie est



**Matériel :** un cristallisoir, une bougie, une éprouvette graduée.

**Protocole :** remplir le cristallisoir d'eau. Placer et allumer la bougie au centre du cristallisoir. Recouvrir la bougie avec l'éprouvette.

Le dioxyde de carbone se dissout dans l'eau dès sa formation et la vapeur d'eau se condense rapidement, ce qui laisse un vide dans le récipient où la combustion a lieu.

**Document 5 – Volume molaire des gaz**

Le volume molaire des gaz vaut  $V_m = 24,1 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$  sous pression atmosphérique. Cette valeur est la même pour tous les gaz, donc **la fraction volumique est égale à la fraction molaire pour les gaz.**

 Réaliser l'expérience du document 4 et mesurer le volume d'eau déplacé.

**3 –** En déduire la fraction volumique de dioxygène, puis la fraction molaire de dioxygène.

**4 –** Comparer cette valeur avec celle fournie dans le document 1.

## Activité 6.3 – Loi des gaz parfait et stockage des gaz

### Objectifs :

- ▶ Connaître la loi des gaz parfait.
- ▶ Savoir utiliser la loi des gaz parfaits.

**Contexte :** Les gaz ont des propriétés physiques macroscopiques qui permettent de les décrire : pression  $P$ , volume  $V$ , température  $T$ , quantité de matière  $n$ . Ces quatre grandeurs sont reliées par la **loi des gaz parfait**.

→ **Quelles sont les conséquences de la loi des gaz parfait ?**

### Document 1 – La loi des gaz parfaits

Un gaz parfait est un modèle des gaz où l'on représente les molécules par des particules ponctuelles et les molécules n'interagissent entre elles qu'au cours de collisions, comme un grand jeu de billard.

**Ce modèle est valide pour tous les gaz qui nous entourent au quotidien.**

La **loi des gaz parfait** est :

$$PV = nRT$$

où  $R$  est la **constante des gaz parfaits** et vaut  $R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;

- $P$  est la pression du gaz en pascal Pa ;
- $V$  est le volume occupé par le gaz en  $\text{m}^3$  ;
- $n$  est le nombre de molécules dans le gaz en mol.
- $T$  est la température du gaz en kelvin K ;

Il y a trois règles de conversion à connaître :

- $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$  ;
- $1^\circ\text{C} = (1 + 273,15) \text{ K}$
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Sauf précision contraire, en général on travaille avec une

- température ambiante  $T_{\text{amb}} = 20^\circ\text{C} = (20 + 273,15)\text{K} = 293,15 \text{ K}$  ;
- pression atmosphérique  $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ hPa}$ .

### Document 2 – Oxygénothérapie

L'oxygénothérapie consiste à administrer du dioxygène à un-e patient-e, pour maintenir ou rétablir une concentration normale en oxygène dans le sang.

Le dioxygène est conservé dans des bouteilles de  $V_b = 2,0 \text{ L}$  à  $P_b = 200 \text{ bar}$ , dans des locaux à température ambiante  $T_{\text{amb}}$ . Pendant la thérapie, le dioxygène s'échappe de la bouteille et retrouve une pression atmosphérique  $P_{\text{atm}}$ .

1 — Convertir la pression régnant dans la bouteille en pascal.

**2 —** En utilisant la loi des gaz parfait, calculer la quantité de matière de dioxygène contenue dans la bouteille.

On laisse le gaz sortir lentement de la bouteille. Dans ces conditions la température  $T_{\text{amb}}$  reste constante.

**3 —** Calculer le volume de gaz libérable  $V_l$  dans cette bouteille.

Une patiente nécessite  $1,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  de dioxygène en permanence. Elle souhaite se promener avec son fauteuil roulant pendant 2 h et possède plusieurs bouteilles de  $2,0 \text{ L}$  à  $200 \text{ bar}$ .

**4 —** Calculer le nombre de bouteilles dont elle aura besoin pour sa balade.

## Activité 6.4 – Pollution de l'air

### Objectifs :

- ▶ Connaître les principales sources de pollution de l'air : voiture thermique et électrique, agriculture conventionnelle, chauffage et industrie thermique, produits artificiels contenant des composés organiques volatils (COV).

**Contexte :** Certaines activités humaines sont source de pollution pour l'air. Elles émettent des **polluants nocifs** pour la vie ou qui sont des **gaz à effet de serre**, responsable du **dérèglement climatique**.

→ **Quelles sont les activités humaines sources de pollution ?**

### Document 1 – Les polluants de l'air et leurs conséquences sur la santé

La pollution de l'air a des conséquences très négatives sur la santé et l'environnement. En France, la pollution de l'air représente

- ~ 40 000 décès par an.
- ~ 100 milliards d'euros de dépense de santé par an

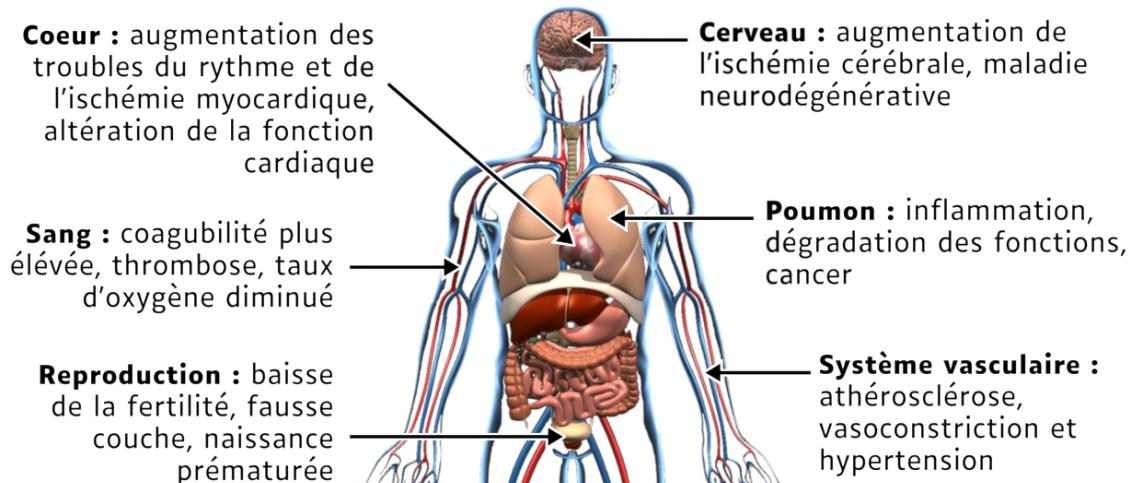
À titre de comparaison, le budget de toute l'éducation nationale représente 60 milliards d'euros par an. Il y a 660 000 morts par an en France, donc  $40\ 000 / 660\ 000 = 6\%$  des morts en France sont dus à la pollution de l'air : c'est l'équivalent d'une crise covid chaque année !

Il existe deux catégories de polluants

- les **polluants primaires** : monoxyde de carbone CO, dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, monoxyde d'azote NO, particules fines et métaux lourds, etc.
- les **polluants secondaires** : ozone O<sub>3</sub>, dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, etc.

On note souvent NO<sub>x</sub> les oxyde d'azote NO et NO<sub>2</sub>.

En France la qualité de l'air s'améliore, mais reste un enjeu majeur de société.



**Document 2 – Les activités humaines sources de polluants**

- les **transports carbonés** (voiture, deux roues et camion thermique) émettent 61 % des oxydes d'azote NO<sub>x</sub>.
- Les roues des véhicules de transports émettent des **particules fines**, nocives pour la santé.
- Les **chauffages carbonés** (fioul, bois et charbon) et la **production d'électricité carbonée** (pétrole et charbon) génèrent des oxydes d'azotes NO<sub>x</sub> et des oxyde de carbone CO et CO<sub>2</sub>.
- Les **produits phytosanitaires** utilisé par **l'agriculture conventionnelle** émettent également des oxydes d'azote NO<sub>x</sub> et représentent 97 % de la pollution à l'ammoniac NH<sub>3</sub> à cause des déjections animales.
- L'air intérieur est pollué par **les cosmétiques, solvants, peintures...** qui émettent des « Composé Organique Volatil » COV. Les COV sont des molécules organiques provenant à 46 % des particuliers et 40 % des industries.
- Le secteur **médical, pharmaceutique et l'élevage** génère des pollutions aux antibiotiques et aux hormones.
- Enfin l'ozone est un polluant secondaire, produit par des réactions entre les NO<sub>x</sub> et les COV.

**1 —** Rechercher les définitions des termes ischémie cérébrale, inflammation, ischémie myocardique, athérosclérose, vasoconstriction, thrombose. Les résumer en quelque mots.

**2 —** Chercher le sens de « produit phytosanitaire » et « d'agriculture conventionnelle ».

**3 —** Sur quels activités polluantes pouvez-vous agir ou être attentive au quotidien ?

## Activité 6.5 – Le réchauffement climatique

### Objectifs :

- ▶ Comprendre le principe de « l'effet de serre ».
- ▶ Connaître les principales sources de pollutions et d'émission de gaz à effet de serre.
- ▶ Connaître les trois principaux gaz à effet de serre : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>O.

**Contexte :** Certaines activités humaines sont sources de **gaz à effet de serre**, responsable du **dérèglement climatique**.

→ **Quels sont les gaz à effets de serre et comment réchauffent-ils l'atmosphère ? Quels activités humaines émettent des gaz à effet de serre ?**

### Document 1 – Le trou dans la couche d'ozone

La couche d'ozone protège la vie sur Terre des rayon UV mutagène du Soleil. Sans la couche d'ozone, la vie serait restée dans les océans.

Dans les années 1970, les scientifiques ont alerté la société mondiale : un trou se formait dans la couche d'ozone à cause des réfrigérateurs qui émettait des ChloroFluoroCarbures CFC, destructeur d'ozone O<sub>3</sub>.

En 1987, les pays de l'ONU signèrent un protocole interdisant les CFC. 30 ans plus tard, le trou s'est résorbé, mais une nouvelle molécule, le protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O, inquiète la communauté scientifique, car elle réagit avec la couche d'ozone.

Depuis 2020 un autre phénomène attaque la couche d'ozone : les rentrées atmosphériques des satellites Starlink. Ces satellites tombent sur Terre et libèrent des métaux lourds dans l'atmosphère en la traversant. Ces métaux réagissent fortement avec l'ozone et risque de récréer un trou.

- 1 – Expliquer pourquoi régler le problème de la couche d'ozone a été relativement simple.

### Document 2 – L'augmentation de « l'effet de serre »

La présence de Gaz à Effet de Serre noté GES rend la Terre habitable en augmentant sa température moyenne au niveau de la mer, 15 °C au lieu de -18 °C.



Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub> et l'eau H<sub>2</sub>O.

Certaines activités humaines au cours du siècle dernier ont entraîné une augmentation de la quantité de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> dans l'atmosphère, ce qui accentue le déséquilibre entre l'énergie radiative reçue du Soleil et l'énergie radiative émise par la Terre.

Ce déséquilibre entraîne une augmentation des températures moyennes au niveau de la mer : actuellement +1 °C et jusqu'à +4 °C en 2100.

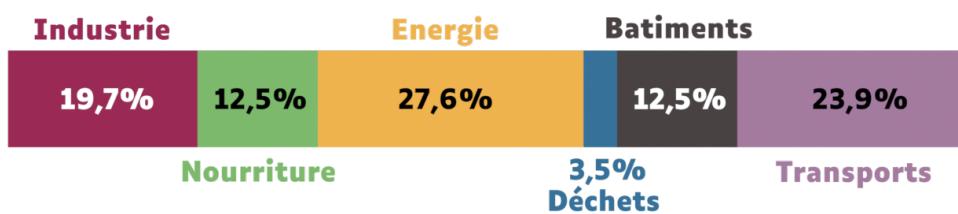
L'augmentation de la température moyenne sur Terre entraîne un dérèglement du climat, lié à l'intensification du cycle de l'eau, avec plus d'événements climatiques extrêmes : **inondation, canicule, incendie, sécheresse, tempête, ouragan, etc.**

Mais elle a aussi des conséquences sur la **montée des eaux** et sur la **fente des neiges éternelles** (banquises, glaciers), qui sont d'importantes réservoirs d'eau douce autour du globe.

Avec +2 °C certaines parties de la Terre seront inhabitables en été à cause des température et de l'humidité trop élevée ! Au delà de ce seuil de 2 °C, les climatologues prévoient le pire.

### Document 3 – Les activités humaines source de gaz à effet de serre

En 2015 un accord a été signé à Paris, les pays membres de l'ONU s'étant engagé à diminuer leur émissions de GES pour rester sous la barre des 2 °C d'augmentation. Pourtant les politiques tardent à se mettre en place, voir vont carrément dans le mauvais sens en favorisant les secteurs d'activités les plus polluants.



↑ Émission européenne de gaz à effet de serre par secteurs.

Sources : ministère de la transition écologique.

**2 —** En utilisant le lien fourni dans le document 3, indiquer si en Europe et dans le monde la répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur est la même.

**3 —** En utilisant le lien fourni dans le document 3, indiquer la part des émissions qui sont dues à l'utilisation de voitures individuelles.



### Document 4 – La part de l'alimentation dans les émissions de GES

Estimer les émissions secteurs par secteurs est un exercice de classification difficile. Si on regarde la nourriture par exemple, on pourrait uniquement compter les émissions due à l'agriculture, mais aussi compter les émissions liée au transport et au stockage des denrées.

D'une source à l'autre, la répartition par secteur peuvent donc varier. Une estimation courante est que l'alimentation représente 1/4 (25 %) des émissions mondiales.

**4 —** En utilisant le lien fourni dans le document 4, calculer la proportion des émissions de gaz à effet de serre qui sont liées à la production de viande et de poisson.