

Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau

SCP-4012-2

Guide d'apprentissage



sofad

LES PHÉNOMÈNES IONIQUES : UNE HISTOIRE D'EAU

SCP-4012-2

GUIDE D'APPRENTISSAGE

Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau s'inscrit dans un ensemble de trois cours qui couvre le programme de *Sciences physiques* de 4^e secondaire. La série comprend également :

SCP-4010-2 *Le nucléaire : de l'énergie dans la matière*

SCP-4011-2 *L'électricité : êtes-vous au courant?*

LES PHÉNOMÈNES IONIQUES : UNE HISTOIRE D'EAU

Ce guide a été réalisé par la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec.

Chargé de projets	Alain Pednault
Chargé de projets (éditions antérieures)	Jean-Simon Labrecque
Chargée de projets (1 ^{re} édition)	Mireille Moisan
Responsable du programme pour la DFGA	Serge Leloup Pierrette Marcotte
Responsable de la production pour la DFGA	Pauline Pelletier
Rédaction	Danielle Ouellet
Mise à jour	André Dumas Ronald Mongeau Céline Tremblay
Révision de contenu	André Dumas Céline Tremblay
Révision linguistique	Francine Cardinal
Illustrations	Jean-Philippe Morin
Infographie	Science-Impact
Mise en pages	Daniel Rémy
Lecture d'épreuves	Annick Charlebois
Première édition	Décembre 1996



Janvier 2016

La forme masculine utilisée dans le présent document désigne aussi bien les femmes que les hommes et a pour but d'alléger le style.

© Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec

Tous droits de traduction et d'adaptation, en totalité ou en partie, réservés pour tous pays. Toute reproduction, par procédé mécanique ou électronique, y compris la microreproduction, est interdite sans l'autorisation écrite d'un représentant dûment autorisé de la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec.

Dépôt légal 2010

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN 978-2-89493-404-3

TABLE DES MATIÈRES



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Présentation	
Le programme de sciences physiques	13
Le module <i>Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau</i>	13
Les objectifs	14
Consignes d'utilisation du guide d'apprentissage	21
Aux élèves inscrits en Formation à distance	23
Le rythme de travail	23
Le matériel	23
Les activités d'apprentissage	23
Les expériences	24
Les exercices	24
L'épreuve d'autoévaluation	25
Votre tuteur	25
Les devoirs	25
La sanction	25
Renseignements utiles	26
Préalables mathématiques	27
Comment arrondir un nombre?	27
Le système métrique	28
La propriété des proportions	29
Les formules	30
La notation scientifique	31
Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau	32

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

CHAPITRE 1 : DU POISON QUI NOUS TOMBE SUR LA TÊTE

Des problèmes liés à l'utilisation de produits chimiques	38
Des problèmes de pollution aquatique	38
Un pays bâti grâce à l'eau	38
Des problèmes de pollution atmosphérique	41
La couche d'ozone	41
Les gaz à effet de serre (GES)	42
Les pluies acides	43
L'étude de cas	45
Une structure pour l'étude de cas	46
Cerner le problème	47
Déterminer les conséquences	48
Analyser les solutions	48
L'étude d'un cas : les pluies acides	48

Comment reconnaître les substances acides?	49
Expérience 1.1 Un moyen de reconnaître les substances acides	49
Les pluies acides : depuis quand en parle-t-on?	51
Les précipitations acides dans le monde	52
En Grèce	52
En République tchèque.	53
En Afrique du Sud.	53
Au Canada	54
Les précipitations acides : où en sommes-nous?	55
Est-il possible de diminuer les précipitations acides?	55
Pour comprendre ce que sont les précipitations acides	56
<i>Mots clés du chapitre</i>	57
<i>Résumé</i>	57
<i>Exercices de synthèse</i>	58

CHAPITRE 2 : LES SECRETS DE LA MATIÈRE

Le modèle atomique	63
Qu'est-ce qu'un modèle?	63
Le modèle atomique simplifié	64
Les couches électroniques	66
La notation simplifiée	67
La classification des éléments	69
Nomenclature et symboles	69
Des éléments à ordonner	71
Le tableau périodique moderne des éléments	73
Les isotopes	75
Une notation pratique.	76
Découvrir les liens logiques	79
Les métaux, les non-métaux et les métalloïdes	84
La famille des alcalins	85
La famille des alcalino-terreux	86
La famille des halogènes	86
La famille des gaz nobles	87
<i>Mots clés du chapitre</i>	89
<i>Résumé</i>	89
<i>Exercices de synthèse</i>	92
<i>Annexe – Liste des éléments</i>	96

CHAPITRE 3 : LA MATIÈRE EN ACTION

Les transformations de la matière	105
L'origine de la chimie	107
Les associations entre atomes	108
Comment et pourquoi?	110
L'ionisation	114
Le diagramme de Lewis	119

Les atomes neutres	120
Les ions	121
La formation de molécules	123
Les liaisons chimiques	126
La liaison ionique	126
Les formules moléculaires	130
La liaison covalente	132
L'électronégativité	139
La différence d'électronégativité	141
<i>Mots clés du chapitre</i>	144
<i>Résumé</i>	144
<i>Exercices de synthèse</i>	146

CHAPITRE 4 : NOMMER ET CLASSER LES COMPOSÉS

La nomenclature moderne	156
Les composés binaires	157
Les composés complexes	163
La nomenclature traditionnelle	164
Les acides, les bases et les sels	169
Un peu d'histoire	172
Première théorie	174
Deuxième théorie	174
Troisième théorie	175
La dissolution	176
Expérience 4.1 Des propriétés semblables ou différentes?	176
Les dissolutions ionique et moléculaire	179
Les équations de dissociation	181
Les électrolytes et les non-électrolytes	181
Quelques utilisations des acides, des bases et des sels	187
<i>Mots clés du chapitre</i>	189
<i>Résumé</i>	189
<i>Exercices de synthèse</i>	191

CHAPITRE 5 : UNE QUESTION DE CONCENTRATION

Composé, corps pur, mélange...	199
La concentration	205
La concentration en grammes par litre	205
La mole	210
La concentration molaire ou molarité	218
La dilution	223
Le pH : une mesure de l'acidité	228
Les indicateurs acido-basiques	235
Expérience 5.1 Utilisation des indicateurs acido-basiques	235
<i>Mots clés du chapitre</i>	242
<i>Résumé</i>	242
<i>Exercices de synthèse</i>	244

CHAPITRE 6 : RIEN NE SE PERD, RIEN NE SE CRÉE

Un peu d'histoire.	255
Le balancement des équations.	256
Balancer une équation.	259
Les calculs stœchiométriques.	270
La neutralisation acide-base.	280
Expérience 6.1 Quelle rencontre!.	280
Les équations de neutralisation	282
<i>Mots clés du chapitre.</i>	286
<i>Résumé.</i>	286
<i>Exercices de synthèse.</i>	288

CHAPITRE 7 : UNE ÉTUDE DE CAS : LES PRÉCIPITATIONS ACIDES

Cerner le problème	295
Les agents responsables.	296
Les sources naturelles.	297
Les sources industrielles.	297
Les aspects scientifiques	300
Les réactions chimiques	300
Le cycle de l'eau.	305
Pollution sans frontières.	306
Déterminer les conséquences	309
Les conséquences environnementales	310
Les effets sur les écosystèmes terrestres	310
Les effets sur les écosystèmes aquatiques	311
Les conséquences sociales.	312
Les effets sur l'être humain	312
Les conséquences économiques	312
Les conséquences politiques	313
Analyser les solutions	315
Un inventaire des solutions possibles.	315
Des solutions politiques	316
La faisabilité et les limites des solutions proposées.	317
Des solutions personnelles	319
<i>Mots clés du chapitre.</i>	321
<i>Résumé.</i>	321
<i>Exercices de synthèse.</i>	323
<i>Annexes</i>	331
<i>Annexe 1 – Les pluies acides et votre santé</i>	332
<i>Annexe 2 – Les répercussions socioéconomiques de l'acidification</i>	334
<i>Annexe 3 – Une étude de cas : les pluies acides.</i>	336
<i>Annexe 4 – Le syndrome de la pelouse parfaite</i>	340
<i>Annexe 5 – Les mesures prises : que pouvez-vous faire?</i>	343

CONCLUSION

Synthèse.	347
Épreuve d'autoévaluation.	348
Corrigé de l'épreuve d'autoévaluation.	358
Corrigé des exercices des chapitres.	365
Du poison qui nous tombe sur la tête.	365
Les secrets de la matière.	369
La matière en action.	375
Nommer et classer les composés.	385
Une question de concentration.	392
Rien ne se perd, rien ne se crée.	410
Une étude de cas : les précipitations acides.	419
Bibliographie.	427
Vocabulaire.	429

INTRODUCTION GÉNÉRALE

PRÉSENTATION

LE PROGRAMME DE SCIENCES PHYSIQUES

Bienvenue au module *Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau* qui fait partie du programme de sciences physiques de 4^e secondaire. Vous trouverez dans ce programme deux autres modules, soit *Le nucléaire : de l'énergie dans la matière* et *L'électricité : êtes-vous au courant?*

Ce programme de sciences a été développé de façon à ce que vous puissiez acquérir des éléments de base en physique et en chimie. Les connaissances de base étudiées vous aideront à mieux comprendre les réalités sociales et technologiques d'une société moderne. L'étude de ces trois modules vise également à développer l'intérêt pour les sciences et la recherche et à fournir une préparation adéquate pour les programmes optionnels de 5^e secondaire.

LE MODULE LES PHÉNOMÈNES IONIQUES : UNE HISTOIRE D'EAU

Le module *Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau* est un cours de 4^e secondaire. Il porte le sigle SCP-4012-2 et donne 2 unités si vous réussissez les démarches de sanction décrites dans la partie « Aux élèves inscrits en Formation à distance ». Le présent module traite des principaux concepts et phénomènes chimiques essentiels à la compréhension de problèmes liés à l'utilisation de certains produits chimiques. On y présente les différentes étapes d'une étude de cas : les précipitations acides sont un prétexte à cette étude. Pour cette raison, on aborde les différentes causes et les phases de leur formation. Sur le plan social, on y traite des principaux facteurs de développement ayant contribué à l'acidification progressive des cours d'eau. Finalement, on tentera de développer la capacité à porter un jugement de valeur sur les choix qui doivent être effectués pour tenter de solutionner un problème d'ores et déjà incontournable.

Les objectifs

CHAPITRE 1 : DU POISON QUI NOUS TOMBE SUR LA TÊTE

CHAPITRE 2 : LES SECRETS DE LA MATIÈRE

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Décrire le modèle atomique actuel simplifié.	Définir ce qu'est un modèle en sciences. Donner les caractéristiques du modèle atomique actuel simplifié. Tracer le schéma de l'atome des vingt éléments les plus légers.
Expliquer, à l'aide de la distribution électronique d'au moins deux éléments, la relation qui existe entre le nombre d'électrons sur la dernière couche électronique et le numéro de la famille, et celle qui existe entre le nombre de couches électroniques et le numéro de la période.	Définir l'expression « famille chimique » du tableau périodique. Définir le terme « période » du tableau périodique. Donner, à l'aide de la notation simplifiée, la distribution électronique des vingt premiers éléments du tableau périodique. Préciser la relation existant entre le numéro de la famille et le nombre d'électrons sur la dernière couche électronique. Préciser la relation existant entre le numéro de la période et le nombre de couches électroniques.
Caractériser les métaux, les non-métaux et les éléments des familles chimiques suivantes : alcalins, alcalino-terreux, halogènes et gaz nobles.	Donner la position, dans le tableau périodique, de l'hydrogène, des métaux et des non-métaux, des familles chimiques (alcalins, alcalino-terreux, halogènes et gaz nobles). Relever des propriétés et des utilisations des métaux et des non-métaux. Relever des propriétés et des utilisations des alcalins, des alcalino-terreux, des halogènes et des gaz nobles. Distinguer l'hydrogène de la famille des alcalins.

CHAPITRE 3 : LA MATIÈRE EN ACTION

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Expliquer, à l'aide de la loi de l'octet, le type de liaison chimique qui existe entre deux éléments donnés.	<p>Donner les caractéristiques de la configuration électronique des gaz nobles (hélium, néon et argon).</p> <p>Énoncer la loi de l'octet.</p> <p>Déterminer le degré d'ionisation des vingt premiers éléments du tableau périodique.</p> <p>Distinguer liaison ionique, liaison covalente polaire et liaison covalente non polaire.</p> <p>Définir le terme « électronégativité ».</p> <p>Préciser les valeurs d'électronégativité associées aux liaisons ionique, covalente polaire et covalente non polaire.</p> <p>À l'aide du tableau d'électronégativité, déterminer le type de liaison (ionique, covalente polaire ou covalente non polaire) entre deux éléments donnés.</p>
Distinguer les atomes neutres, les ions et les isotopes quant à leur nombre de protons, de neutrons et d'électrons.	<p>Déterminer le nombre de protons, de neutrons et d'électrons d'un élément dont on connaît le numéro atomique et la masse atomique.</p> <p>Déterminer la charge de l'ion dont on connaît le numéro atomique ou la famille chimique.</p> <p>Comparer la configuration électronique d'un ion à celle de l'atome neutre correspondant.</p> <p>Donner les caractéristiques des isotopes d'un élément donné.</p> <p>Distinguer masse atomique et nombre de masse.</p>

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Expliquer la formation de composés binaires à l'aide du diagramme de Lewis et, s'il y a lieu, de la notation par trait.	Déterminer l'anion et le cation. Déterminer la charge de chacun des ions. Représenter les ions à l'aide du diagramme de Lewis. Représenter, à l'aide du diagramme de Lewis, le composé formé de liaisons ioniques ou covalentes. Représenter, à l'aide de la notation par trait, le composé formé de liaisons covalentes. Tracer le schéma représentant la réaction chimique entre un élément des groupes I ou II et un élément des groupes VI ou VII en utilisant le modèle atomique actuel simplifié. Distinguer un corps simple d'un corps composé.
Déterminer la formule moléculaire d'un composé binaire.	Déterminer l'anion et le cation. Déterminer la charge de l'anion et du cation en tenant compte de la loi de l'octet ou de la famille chimique. Déterminer le nombre d'anions et de cations nécessaires à la formation d'un composé binaire.

CHAPITRE 4 : NOMMER ET CLASSER LES COMPOSÉS

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Donner, selon la nouvelle nomenclature, le nom d'un composé binaire dont on connaît la formule chimique ou, vice versa, la formule chimique d'un composé binaire dont on connaît le nom.	Connaître les principaux suffixes servant à désigner les composés binaires selon la nouvelle nomenclature. Connaître la signification des préfixes servant à désigner le nombre d'un type d'atome. Connaître la technique de nominalisation d'un composé binaire selon la nouvelle nomenclature. Connaître la technique d'écriture de la formule d'un composé binaire selon la nouvelle nomenclature.

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Donner, selon la nomenclature traditionnelle, le nom d'un composé polyatomique dont on connaît la formule chimique ou, vice versa, la formule chimique d'un composé polyatomique dont on connaît le nom.	<p>Connaître les principaux suffixes servant à désigner les composés polyatomiques selon la nomenclature traditionnelle.</p> <p>Connaître la signification des préfixes servant à désigner le nombre d'un type d'atome ou d'un radical.</p> <p>Connaître la technique de nominalisation d'un composé polyatomique selon la nomenclature traditionnelle.</p> <p>Connaître la technique d'écriture de la formule d'un composé polyatomique selon la nomenclature traditionnelle.</p>
Expliquer, à l'aide des caractéristiques et des équations de dissociation, pourquoi une substance est un acide, une base ou un sel.	<p>Distinguer les caractéristiques d'un acide, d'une base et d'un sel.</p> <p>Décrire la théorie d'ionisation d'Arrhenius relative aux acides et aux bases.</p> <p>Distinguer les équations de dissociation des acides, des bases et des sels.</p>
Classer, à partir des résultats d'expériences, une substance selon qu'elle est un non-électrolyte, un électrolyte fort ou un électrolyte faible, un acide fort ou un acide faible, une base forte ou une base faible, un sel.	<p>Distinguer expérimentalement dissolution moléculaire et dissolution ionique.</p> <p>Distinguer expérimentalement électrolyte et non-électrolyte.</p> <p>Distinguer expérimentalement électrolyte fort et électrolyte faible.</p> <p>Distinguer expérimentalement acide fort et acide faible.</p> <p>Distinguer expérimentalement base forte et base faible.</p>
Expliquer sous l'aspect moléculaire la dissolution en milieu aqueux d'un non-électrolyte, d'un électrolyte fort, d'un électrolyte faible, d'un acide fort, d'un acide faible, d'une base forte, d'une base faible, d'un sel.	<p>Distinguer dissolution moléculaire et dissolution ionique.</p> <p>Distinguer électrolyte et non-électrolyte.</p> <p>Distinguer électrolyte fort et électrolyte faible.</p> <p>Distinguer acide fort et acide faible.</p> <p>Distinguer base forte et base faible.</p>

CHAPITRE 5 : UNE QUESTION DE CONCENTRATION

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Classer une substance selon qu'elle est un mélange ou une substance pure, selon que le mélange est homogène, hétérogène ou en suspension et selon que la substance pure est un corps simple ou un corps composé.	Préciser les deux catégories de classification de la matière. Décrire les trois catégories des mélanges. Préciser les deux catégories des substances pures. Distinguer solvant et soluté. Distinguer mélange homogène et mélange hétérogène.
Comparer des solutions dont les concentrations sont exprimées en unités différentes.	Donner la définition et l'équation de la concentration. Exprimer en gramme une masse indiquée en kilogramme. Exprimer en litre un volume indiqué en millilitre. Résoudre des problèmes de concentration de solution exprimée en masse de soluté par volume de solution. Définir le terme « mole ». Calculer la masse molaire d'un composé à partir de la masse atomique des éléments constituants. Transformer en mole une quantité de matière exprimée en gramme, et vice versa. Résoudre des problèmes de concentration de solution exprimée en mole par litre.
Résoudre des problèmes touchant la dilution.	Exprimer en litre un volume de solution indiqué en millilitre. Définir le terme « dilution ». Préciser la relation mathématique qui existe entre les caractéristiques (volume et concentration) de la solution mère et celles de la solution diluée.
Ordonner des solutions dont le degré d'acidité est exprimé dans des unités différentes.	Définir le terme « pH ». Suivant le pH d'une solution, indiquer si celle-ci est acide ou basique. Exprimer en pH une concentration de H^+ exprimée en mole par litre (mol/L) et vice versa.

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Déterminer la zone de pH d'une solution à partir des données ou des résultats obtenus par l'utilisation d'indicateurs acido-basiques dont on connaît le point de virage.	Définir le terme « point de virage ». Relever le point de virage d'indicateurs acido-basiques. Déterminer expérimentalement le point de virage d'indicateurs acido-basiques.

CHAPITRE 6 : RIEN NE SE PERD, RIEN NE SE CRÉE

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Traduire diverses réactions chimiques sous forme d'équations balancées.	Distinguer les réactifs des produits dans une réaction chimique. Écrire l'équation d'une réaction chimique à partir d'un énoncé descriptif. Balancer des équations chimiques. Vérifier la loi de la conservation de la matière à partir d'une équation balancée.
Déterminer, à l'aide de calculs stœchiométriques, la quantité des substances participant à une réaction chimique.	Balancer l'équation de la réaction. Exprimer en moles les proportions dans lesquelles on trouve les réactifs et les produits. Exprimer en grammes les proportions dans lesquelles on trouve les réactifs et les produits.
Expliquer, à l'aide d'équations, comment la neutralisation peut être une solution à des déséquilibres acido-basiques.	Écrire les équations de dissociation de l'acide et de la base qui sont utilisés. Définir le terme « neutralisation ». Écrire l'équation balancée de la neutralisation d'un monoacide par une monobase. Reconnaître des équations de neutralisation.

CHAPITRE 7 : UNE ÉTUDE DE CAS : LES PRÉCIPITATIONS ACIDES

Objectifs terminaux	Objectifs intermédiaires
Décrire un problème lié à l'utilisation de produits chimiques.	Faire l'historique du problème. Nommer les agents qui causent le problème. Expliquer les aspects scientifiques et techniques en cause.
Faire l'inventaire des conséquences d'un problème lié à l'utilisation de produits chimiques.	Préciser les conséquences environnementales du problème soulevé. Préciser les conséquences sociales, politiques et économiques du problème soulevé.
Analyser les solutions possibles à un problème lié à l'utilisation de produits chimiques.	Faire l'inventaire des solutions possibles. Préciser la faisabilité et les limites de chacune des solutions proposées. Juger de la valeur des solutions proposées au regard des aspects scientifique, technique, social, politique, économique.
Critiquer des articles portant sur des problèmes liés à l'utilisation de produits chimiques quant à la définition du problème, à ses conséquences et aux solutions proposées.	

CONSIGNES D'UTILISATION DU GUIDE D'APPRENTISSAGE

Le présent guide d'apprentissage est un instrument qui tend à respecter les caractéristiques principales de l'apprentissage individualisé.

Ainsi, par ce mode d'apprentissage, on veut favoriser chez vous :

- la plus grande participation possible,
- la prise en charge de votre cheminement,
- le respect de votre rythme,
- la mise à profit de votre expérience et de vos connaissances.

Par ce mode, vous pourrez, tout au long de votre cheminement, faire la constatation de vos succès ou de vos échecs, déterminer les causes de ceux-ci ainsi que les moyens à prendre pour continuer à progresser dans votre apprentissage.

Au cours de votre travail, vous pourrez consulter votre formateur. Si un point vous semble plus difficile, il ne faut pas hésiter à avoir recours à cette aide précieuse. Le formateur fournira, selon le cas, conseils, animation, critiques et commentaires en adaptant ces divers services à vos besoins.

Ce guide d'apprentissage individualisé comporte trois sections : l'introduction générale, les activités d'apprentissage et la conclusion.

La première section, l'introduction générale que vous êtes en train de lire, vous présente le cours, les objectifs qu'il permet d'atteindre et l'information pertinente pour vous préparer à aborder le contenu proposé. Vous y trouverez également une partie « Préalables mathématiques » portant sur différentes notions qu'il est utile d'avoir en mémoire avant de débiter votre apprentissage.

La deuxième section renferme les activités d'apprentissage regroupées en sept chapitres. Chacun de ces chapitres comprend un certain nombre de thèmes appuyés par des textes, des tableaux, des illustrations, des exercices, des expériences et des activités. Au début de chacun des chapitres, vous trouverez l'énumération des objectifs à atteindre ainsi qu'un schéma situant le chapitre dans une vue d'ensemble du cours. Pour vous aider à en réviser le contenu, vous trouverez aux dernières pages de chacun les mots clés du chapitre, un résumé et des exercices de synthèse. En annexe du chapitre 7, vous trouverez des lectures complémentaires.

Le dernier chapitre est très riche quant aux informations sur les débats sociaux. La consultation des annexes vous permettra de développer l'habileté à analyser certaines situations particulières.

Telle qu'elle est structurée, cette section doit être travaillée chapitre par chapitre. Les questions et les exercices sont là pour vous permettre d'évaluer votre maîtrise des connaissances au fur et à mesure que vous progressez.

Tout au long du texte, différents signes et pictogrammes vous guident dans votre apprentissage. En voici un résumé.

Gras Les mots en caractères gras apparaissent dans le texte en y étant accompagnés de leur signification. Cette première définition peut, dans certains cas, être complétée par la suite et une définition plus formelle est donnée dans la partie « Vocabulaire » à la fin du guide. Ces mots se retrouvent également dans la section « Mots clés du chapitre », un document d'accompagnement où vous devrez écrire dans vos mots votre compréhension de ces termes.



Un texte coiffé d'une ampoule ajoute un complément d'informations : il ne fait pas directement partie de l'apprentissage et aucune question de l'épreuve d'évaluation finale (sommative) ne portera sur son contenu.

Activité

Les parties notées « Activités » vous présentent des exercices guidés qui facilitent l'apprentissage des notions étudiées.



Le flacon précède les parties du texte notées « Expérience ». Afin de mieux comprendre une situation ou expliquer un phénomène, vous aurez à effectuer des expériences en laboratoire ou à l'aide de la trousse d'expérimentation de la Formation à distance.



Le crochet coiffe un encadré qui rassemble tous les mots clés du chapitre.



Le trombone précède le résumé du chapitre.



Le crayon précède les exercices de synthèse du chapitre.



La punaise à babillard précède les annexes du chapitre, s'il y a lieu.

La troisième section, la conclusion, vous propose une synthèse de l'ensemble des cours du programme poursuivi ainsi qu'une épreuve d'autoévaluation dans le but de vous aider à déterminer si vous avez bien assimilé les apprentissages réalisés et si vous êtes en mesure de vous présenter à l'évaluation finale. Cette section regroupe aussi le corrigé de cette épreuve, celui des exercices de chacun des chapitres ainsi que celui des activités, des expériences et des exercices de synthèse. Elle présente également une bibliographie que vous pourrez consulter afin d'approfondir vos apprentissages ainsi que le vocabulaire comprenant la définition des mots clés.

Bonne étude!

AUX ÉLÈVES INSCRITS EN FORMATION À DISTANCE

Le présent guide d'apprentissage constitue votre principal instrument de travail pour le cours *Les phénomènes ioniques : une histoire d'eau*. Il a été conçu de manière à tenir compte le plus possible des conditions et des particularités des adultes inscrits en Formation à distance.

L'apprentissage à distance est une formule souple qui présente plusieurs avantages, dont celui de travailler à son propre rythme, dans le confort de son foyer. Toutefois, cela entraîne également des contraintes : vous devez prendre en charge votre apprentissage et vous motiver à fournir un effort constant.

Voici quelques points qui vous aideront dans votre cheminement.

LE RYTHME DE TRAVAIL

- Établissez-vous un horaire d'étude en tenant compte de vos dispositions et de vos besoins ainsi que de vos obligations familiales, professionnelles et autres.
- Essayez de consacrer quelques heures par semaine à l'étude, de préférence en blocs de une ou deux heures à la fois.
- Respectez, autant que possible, l'horaire que vous avez choisi.

LE MATÉRIEL

Ayez sous la main tout le matériel dont vous aurez besoin.

- Matériel d'apprentissage : votre guide accompagné d'un cahier de notes où vous consignerez en résumé les notions importantes à retenir en relation avec la liste des objectifs donnée dans l'introduction du guide et le supplément « Mots clés des chapitres » où vous complèterez la définition dans vos propres mots des termes en caractères gras de votre guide.
- Matériel de référence : un dictionnaire, une calculatrice.
- Matériel divers : un crayon à la mine pour inscrire vos réponses et vos notes dans votre guide, un stylo de couleur pour corriger vos réponses, un surligneur pour souligner les idées importantes, une gomme à effacer, etc.
- Le tableau périodique des éléments et la trousse d'expérimentation.

LES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

Le présent guide comprend une partie théorique ainsi que des activités pratiques sous forme d'exercices accompagnés d'un corrigé. Vous y trouverez également quelques expériences qui exigent des manipulations simples que vous pourrez effectuer à l'aide de la trousse d'expérimentation que vous vous êtes procurée avec ce guide. Il est important de bien prendre le temps d'exécuter les manipulations proposées, car elles vous aideront à mieux comprendre la théorie.

Pour mener à bien l'étude de chacun des chapitres, commencez par faire un survol rapide de l'ensemble des sections pour en examiner le contenu et les principales parties. Puis, lisez attentivement la théorie :

- surlignez les points importants;
- prenez des notes dans les marges;
- cherchez les mots nouveaux dans un dictionnaire;
- résumez dans votre cahier de notes les passages importants;
- portez attention aux figures;
- dans le supplément « Mots clés des chapitres », définissez dans vos propres mots les termes en caractères gras dans le texte et comparez ensuite vos définitions à celles données dans le vocabulaire;
- et, si vous ne comprenez pas une idée, notez vos questions.

LES EXPÉRIENCES

Afin d'atteindre les objectifs de ce cours, 4 expériences accompagnent les activités d'apprentissage. Ces expériences sont obligatoires : c'est pourquoi vous avez dû vous procurer une trousse d'expérimentation pour compléter votre guide d'apprentissage. Cette trousse est composée d'un ensemble comprenant les éléments importants qui s'avèrent plus difficiles à trouver. Vous devrez par contre vous procurer vous-même certains produits.

- Pour l'expérience 1.1 : du jus de citron et de pomme, du vinaigre, un échantillon d'urine et de salive, de l'eau du robinet, du bicarbonate de soude (soda à pâte, « la petite vache »), du nettoyeur Fantastik et de l'eau de pluie ou de la neige fondue.
- Pour l'expérience 4.1 : de l'alcool à friction, du nettoyeur à vitres avec ammoniacale, du sel de table, du sucre, du vinaigre, du nettoyeur Fantastik et de l'eau déminéralisée.
- Pour l'expérience 6.1 : du vinaigre, du nettoyeur à four Easy-Off liquide, 2 verres et des bâtonnets de bois (à café ou à *Popsicle*).

LES EXERCICES

Les exercices sont accompagnés d'un corrigé que l'on retrouve à la fin du guide sur les feuilles de couleur, à la suite de l'autoévaluation.

- Faites tous les exercices proposés.
- Lisez attentivement les directives et les questions avant d'inscrire vos réponses.
- Faites les exercices de votre mieux sans consulter le corrigé. Relisez les questions et vos réponses et modifiez celles-ci, s'il y a lieu. Ensuite, reprenez vos réponses en les comparant avec celles du corrigé et essayez de comprendre vos erreurs, le cas échéant.
- Afin de mieux vous préparer à l'évaluation finale, complétez l'étude du chapitre avant d'y faire les exercices de synthèse et faites ensuite ceux-ci en référant le moins souvent possible à votre texte de cours. Toutefois, vous n'avez pas à connaître par cœur les dates et autres données numériques de même que les noms des chercheurs. Il faut plutôt viser à acquérir une vue d'ensemble, à établir des liens et à développer votre jugement.

L'ÉPREUVE D'AUTOÉVALUATION

L'épreuve d'autoévaluation est une étape de préparation à l'évaluation finale. Avant de vous y attaquer, vous devrez compléter votre étude : relisez votre cahier de notes et les définitions des mots clés des chapitres, mettez-les en relation avec les objectifs du cours cités dans l'introduction générale du guide. Assurez-vous de bien comprendre le sens de ces objectifs. Faites ensuite l'épreuve d'autoévaluation sans consulter votre texte de cours ni le corrigé. Comparez ensuite vos réponses avec celles du corrigé et complétez votre étude, au besoin.

VOTRE TUTEUR

Votre tuteur est la personne qui vous soutient dans votre démarche : il demeure à votre disposition pour répondre à vos questions, corriger et annoter vos devoirs.

En fait, c'est la personne-ressource à qui vous faites appel en cas de besoin. Si ses heures de disponibilité et ses coordonnées ne vous ont pas été transmises avec ce guide, elles le seront bientôt. N'hésitez pas à la consulter si vous éprouvez des difficultés avec la théorie ou les exercices, ou si vous avez besoin d'encouragement pour poursuivre votre étude. Notez vos questions par écrit et communiquez avec elle pendant ses heures de disponibilité et, au besoin, écrivez-lui.

Votre tuteur vous guide tout au long de votre apprentissage et vous fournit les conseils, les critiques et les commentaires susceptibles d'assurer le succès de votre projet de formation.

LES DEVOIRS

Le présent cours comporte trois devoirs : le premier suit l'étude des chapitres 1 à 4, le deuxième est à la suite des chapitres 5 à 7 et le dernier se retrouve après l'épreuve d'autoévaluation. Le dernier devoir contient des questions sur l'ensemble des objectifs du cours.

Les devoirs indiquent à votre tuteur si vous comprenez bien la matière et si vous êtes en mesure de poursuivre votre apprentissage. Si ce n'est pas le cas, il le précisera sur votre devoir en consignand des commentaires et des suggestions pour vous aider à vous remettre sur la bonne voie. Il importe donc que vous preniez connaissance des corrections et des annotations apportées à vos devoirs.

Vous devez obtenir une moyenne d'au moins 60 % pour les trois devoirs si vous voulez être admis à passer l'épreuve (examen) vous permettant d'obtenir les unités attribuées à ce cours.

Les devoirs ressemblent à l'épreuve finale qui se déroule sous la surveillance d'un responsable et sans notes de cours. Il est donc à votre avantage de faire les devoirs sans consulter votre guide d'apprentissage et de profiter des corrections de votre tuteur pour ajuster votre tir. C'est là une excellente façon de se préparer à l'épreuve.

N'oubliez pas! Attendez d'avoir reçu la correction de votre devoir avant d'envoyer le suivant.

LA SANCTION

Si vous avez obtenu une moyenne de 60 % ou plus pour vos devoirs, vous serez autorisé à vous présenter à l'épreuve finale pour obtenir vos unités. L'épreuve est composée de deux parties distinctes.

La première partie est une épreuve écrite dans laquelle on retrouve des questions à choix multiples, des associations et des questions à réponses courtes. Cette première partie compte pour 76 % de la note finale et se fait en une seule séance de deux heures. Un tableau périodique sans le nom complet des éléments et une liste des noms et des formules¹ des principaux ions polyatomiques sont fournis et l'usage de la calculatrice est permis.

La deuxième partie est aussi une épreuve écrite dans laquelle on retrouve une ou des questions à développement permettant d'exprimer une synthèse des acquis de ce cours quant à la capacité de faire une étude de cas. L'information pertinente (données numériques, tableaux, documentation, etc.) fera partie intégrante de l'épreuve. Cette deuxième partie compte pour 24 % de la note finale et se fait en une seule séance de 90 minutes.

Les deux parties se déroulent sous la surveillance d'un responsable et sans notes de cours.

Pour obtenir les unités attribuées à ce cours, vous devez obtenir une note de 60 % au total des deux parties de l'épreuve. Les résultats des devoirs ne font donc pas partie de la note finale.

RENSEIGNEMENTS UTILES

Nombre d'unités :	2 unités de 4 ^e secondaire
Durée de la formation :	50 heures de travail (approximativement)
Nombre de devoirs :	3 devoirs
Moyenne de passage :	60 % pour les devoirs 60 % pour l'évaluation finale

1. La liste de ces noms et formules est reproduite avec l'épreuve d'autoévaluation.

PRÉALABLES MATHÉMATIQUES

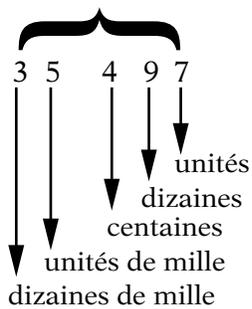
Les préalables sont un rappel de notions mathématiques qui doivent être connues afin de travailler avec plus de facilité dans le module. Lisez-les attentivement et, au besoin, revenez-y en faisant votre étude.

COMMENT ARRONDIR UN NOMBRE?

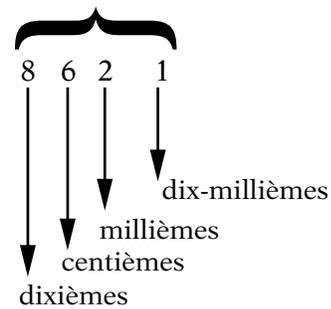
On peut, pour différentes raisons, vouloir arrondir un nombre à l'unité près, au dixième près ou à toute autre position. Pour répondre à cette question, il importe tout d'abord de connaître les noms accordés à chacune des positions des chiffres d'un nombre décimal. Prenons, par exemple, le nombre 35 497,862 1 : la valeur de position accordée à chacun de ses chiffres se lit comme suit.

Le nombre décimal 35 497,862 1

Partie entière



Partie fractionnaire



Virgule de cadrage

Si, maintenant, on désire arrondir ce nombre à l'une ou l'autre des différentes positions, les étapes à suivre sont les suivantes.

- Repérer le chiffre qui correspond à l'ordre de grandeur demandé.
- Identifier le premier chiffre à droite de la position demandée :
 - s'il est 0, 1, 2, 3 ou 4, le chiffre de la position demandée reste le même;
 - s'il est 5, 6, 7, 8 ou 9, le chiffre de la position demandée augmente de 1.
- Tous les chiffres à droite de la position demandée :
 - deviennent zéro s'ils sont dans la partie entière du nombre;
 - disparaissent s'ils sont dans la partie fractionnaire du nombre.

Exemple

Arrondissez le nombre 35 497,862 1 à l'unité près, au dixième près et au centième près.

- À l'unité près

Le chiffre 7 correspond aux unités. Le premier chiffre à droite de 7 est 8; donc, 7 (les unités) augmente de 1 pour devenir 8. Tous les autres chiffres à droite des unités disparaissent. On obtient 35 498.

- Au dixième près

Le chiffre 8 correspond aux dixièmes. Le premier chiffre à droite de 8 est 6; donc, 8 (les dixièmes) augmente de 1 pour devenir 9. Les chiffres à la droite des dixièmes disparaissent. On obtient 35 497,9.

- Au centième près

Le chiffre 6 correspond aux centièmes. Le premier chiffre à droite de 6 est 2; donc, le 6 (les centièmes) ne change pas. Les chiffres à la droite des centièmes disparaissent. On obtient 35 497,86.

LE SYSTÈME MÉTRIQUE

Symboles des grandeurs physiques et de leurs unités

Grandeur	Symbole	Unité	Symbole
Longueur	<i>L</i>	mètre	m
Masse	<i>m</i>	kilogramme	kg
Masse molaire	<i>M</i>	kilogramme par mole	kg/mol
Pression	<i>p</i>	pascal	Pa
Quantité de matière	<i>n</i>	mole	mol
Température	<i>T</i> ou <i>t</i>	kelvin ou Celsius	K ou °C
Temps	<i>t</i>	seconde	s
Volume	<i>V</i>	litre	L

MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES DES UNITÉS DU SI

Préfixe	Symbole	Multiplicateur	
Exa	E	$10^{18} =$	1 000 000 000 000 000 000
Péta	P	$10^{15} =$	1 000 000 000 000 000
Téra	T	$10^{12} =$	1 000 000 000 000
Giga	G	$10^9 =$	1 000 000 000
Méga	M	$10^6 =$	1 000 000
Kilo	k	$10^3 =$	1 000
Hecto	h	$10^2 =$	100
Déca	da	$10^1 =$	10
Déci	d	$10^{-1} =$	0,1
Centi	c	$10^{-2} =$	0,01
Milli	m	$10^{-3} =$	0,001
Micro	μ	$10^{-6} =$	0,000 001
Nano	n	$10^{-9} =$	0,000 000 001
Pico	p	$10^{-12} =$	0,000 000 000 001
Femto	f	$10^{-15} =$	0,000 000 000 000 001
Atto	a	$10^{-18} =$	0,000 000 000 000 000 001

Voici quelques exemples d'utilisation des multiples.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kg} &= 1\,000 \times 1 \text{ g} &= 1\,000 \text{ g} \\
 1 \text{ hg} &= 100 \times 1 \text{ g} &= 100 \text{ g} \\
 1 \text{ dag} &= 10 \times 1 \text{ g} &= 10 \text{ g} \\
 1 \text{ dg} &= 0,1 \times 1 \text{ g} &= 0,1 \text{ g} \\
 1 \text{ cg} &= 0,01 \times 1 \text{ g} &= 0,01 \text{ g} \\
 1 \text{ mg} &= 0,001 \times 1 \text{ g} &= 0,001 \text{ g}
 \end{aligned}$$

LA PROPRIÉTÉ DES PROPORTIONS

Dans toute proportion, le produit des extrêmes est égal au produit des moyens. Cette règle est souvent appelée « produit croisé ».

En effet, puisque deux rapports égaux forment une proportion, on peut écrire $\frac{1}{2} = \frac{4}{8}$. D'où, si 1 et 8 sont les extrêmes, et 2 et 4 les moyens, on obtient $1 \times 8 = 2 \times 4$.

Cette propriété est fort utile pour transformer une quantité exprimée dans une certaine unité de mesure en une quantité équivalente exprimée dans une autre unité de mesure.

Exemple

Soit une masse évaluée à 0,5 kilogramme à exprimer en grammes.

On sait par les tableaux présentant le système métrique que 1 kg correspond à 1 000 g. On peut alors poser :

Si 1 kg correspond à 1 000 g, alors

0,5 kg correspond à ? g.

$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ kg} & \xrightarrow{\quad} & 1\,000 \text{ g} \\
 0,5 \text{ kg} & \xrightarrow{\quad} & ? \text{ g}
 \end{array}$$

On établit ensuite la proportion suivante :

$$\frac{1 \text{ kg}}{0,5 \text{ kg}} = \frac{1\ 000 \text{ g}}{? \text{ g}}$$

En appliquant la propriété des proportions (le produit croisé) :

$$\frac{1 \text{ kg}}{0,5 \text{ kg}} = \frac{1\ 000 \text{ g}}{? \text{ g}}, \text{ on obtient :}$$

$$1 \text{ kg} \times ? \text{ g} = 1\ 000 \text{ g} \times 0,5 \text{ kg}$$

$$? \text{ g} = \frac{1\ 000 \text{ g} \times 0,5 \text{ kg}}{1 \text{ kg}}$$

$$? \text{ g} = 500 \text{ g}$$

Une masse de 0,5 kg est donc équivalente à 500 g.

LES FORMULES

Les formules sont souvent des applications de la géométrie ou de lois de la physique. Une formule contient généralement plusieurs variables reliées par un symbole égal (=). Il est souvent utile de transformer ces formules afin de pouvoir déterminer l'une ou l'autre des variables. On peut y arriver en appliquant les règles de résolution des équations.

La formule pour déterminer le volume d'un prisme rectangulaire est $V = L \times l \times h$ où V représente le volume, L la longueur, l la largeur et h la hauteur. En connaissant la longueur, la largeur et la hauteur, on peut alors déterminer le volume. Mais quelle serait la formule qui permettrait de déterminer la hauteur?

Exemple

Soit la formule $V = L \times l \times h$. Quelle est la formule qui permet de déterminer la hauteur h ?

Pour déterminer la hauteur, il faut isoler la variable h dans l'équation. Or, pour isoler une variable, on peut diviser les deux membres d'une équation par la même valeur (ici $L \times l$) et simplifier l'équation obtenue.

$$V = L \times l \times h$$

$$\frac{V}{L \times l} = \frac{L \times l \times h}{L \times l}$$

$$\frac{V}{L \times l} = h$$

On obtient alors la formule $h = \frac{V}{L \times l}$.

LA NOTATION SCIENTIFIQUE

La notation scientifique permet d'exprimer de très gros ou de très petits nombres, tout en évitant une écriture lourde et peu commode.

Rappelons tout d'abord la notation de quelques puissances de 10.

10 000	=	$10 \times 10 \times 10 \times 10$	=	10^4		
1 000	=	$10 \times 10 \times 10$	=	10^3		
100	=	10×10	=	10^2		
10	=	10	=	10^1		
1	=	1	=	10^0		
0,1	=	$1/10$	=	$1/10^1$	=	10^{-1}
0,01	=	$1/100$	=	$1/10^2$	=	10^{-2}
0,001	=	$1/1\ 000$	=	$1/10^3$	=	10^{-3}
0,000 1	=	$1/10\ 000$	=	$1/10^4$	=	10^{-4}

Un nombre quelconque peut s'exprimer de plusieurs façons. Prenons, par exemple, le nombre 4 560. Voici quelques manières de l'exprimer.

$$\begin{aligned}4\ 560 &= 4\ 560 \times 1 &&= 4\ 560 \times 10^0 \\4\ 560 &= 456 \times 10 &&= 456 \times 10^1 \\4\ 560 &= 45,6 \times 100 &&= 45,6 \times 10^2 \\4\ 560 &= 4,56 \times 1\ 000 &&= 4,56 \times 10^3 \\4\ 560 &= 0,456 \times 10\ 000 &&= 0,456 \times 10^4\end{aligned}$$

Un nombre est exprimé en notation scientifique quand le premier terme qui le représente est un nombre compris entre 1 et 10 et que celui-ci est multiplié par la puissance de 10 requise pour obtenir ce nombre. Dans l'exemple ci-dessus, la notation scientifique de 4 560 est $4,56 \times 10^3$.

Voici quelques exemples de nombres exprimés en notation scientifique.

$$\begin{aligned}13\ 400\ 000 &= 1,34 \times 10^7 \\1\ 994 &= 1,994 \times 10^3 \\740 &= 7,40 \times 10^2 \\53,004 &= 5,300\ 4 \times 10^1 \\0,5 &= 5 \times 10^{-1} \\0,000\ 467 &= 4,67 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

LES PHÉNOMÈNES IONIQUES : UNE HISTOIRE D'EAU

Depuis toujours, l'être humain cherche à comprendre le monde qui l'entoure. Au cours des siècles, il a su utiliser les richesses qu'offre la Terre. Dans sa quête de connaissances et de contrôle de l'environnement, il a développé, entre autres, l'industrie, l'agriculture, le transport et la médecine. Aujourd'hui, nous vivons à l'ère de la science et de la technologie. Les percées dans ces domaines font partie de notre quotidien : nous n'avons qu'à évoquer les progrès importants en informatique tant au travail qu'à la maison, les développements accélérés de la médecine et de la biotechnologie expérimentale et appliquée. La science et la technologie modifient et façonnent davantage chaque jour notre mode de vie ainsi que notre vision du monde.

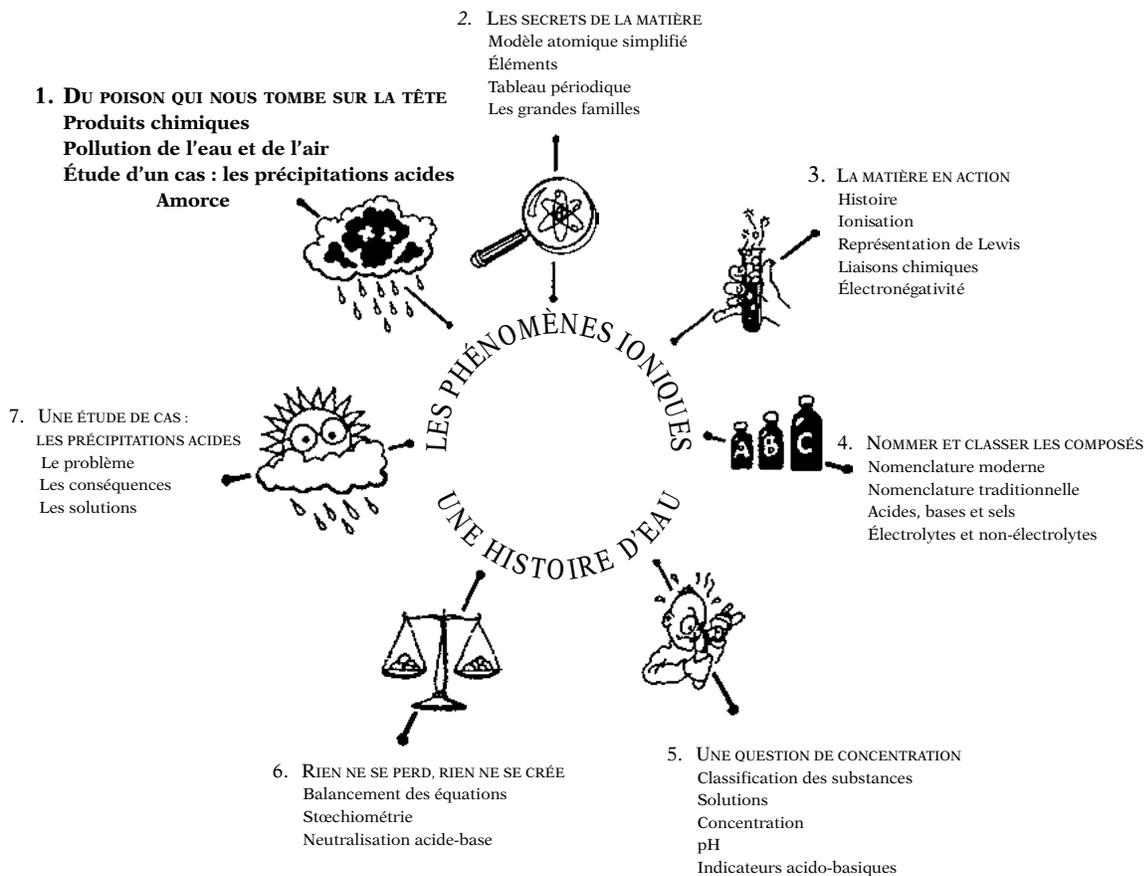
Les progrès importants réalisés dans le domaine des communications permettent aussi à un nombre grandissant de personnes d'accéder à toutes sortes d'informations. Il est maintenant difficile d'éviter les débats publics engendrés par les conséquences du développement scientifique et technologique. On questionne beaucoup plus les politiques scientifiques, les conséquences du progrès technologique tel que le gaspillage des ressources, la dégradation de l'environnement, les dangers potentiels des centrales nucléaires, la menace d'une guerre nucléaire. On voit aussi s'élever régulièrement des critiques sur l'utilisation de la science et de la technologie de même que sur les intérêts, les valeurs et les responsabilités sociales des gens (industriels, chercheurs, politiciens, individus) responsables de tels développements.

Pour porter un jugement éclairé, il importe de bien comprendre les principes scientifiques sous-jacents à une situation et il faut souvent posséder des connaissances de base en chimie. Le présent guide d'apprentissage traite des aspects scientifiques, technologiques, sociaux et économiques qui aident à comprendre les débats actuels sur différents développements scientifiques et qui alimentent une réflexion devenue incontournable. Pour ce faire, il s'appuie sur un modèle d'étude de cas relié plus spécifiquement aux précipitations acides.

CHAPITRE 1

DU POISON QUI NOUS TOMBE SUR LA TÊTE





Plusieurs personnes s'entendent pour dire que les bienfaits des développements de la chimie ont grandement facilité notre quotidien. Au foyer, de nombreux produits issus de cette industrie tels les peintures, les textiles, les produits nettoyants et les plastiques occupent une place grandissante. L'agriculteur moderne fait appel aux produits de synthèse qui augmentent le rendement de ses cultures et la productivité de son bétail tout en protégeant celui-ci de nombreux ennemis. L'industrie alimentaire regorge d'additifs chimiques qui aident à conserver les aliments et à améliorer leur apparence. Le développement des connaissances en chimie est mis à profit tant pour le transport que pour la métallurgie ou la pharmacologie. La société d'aujourd'hui peut difficilement se passer de la chimie et de la technologie qui en découle. Quel est le prix à payer pour cette dépendance face aux produits chimiques?

Les lacs et les rivières, sources d'eau potable, sont contaminés par les activités humaines. Les entreprises industrielles et agricoles ainsi que les municipalités et les individus traitent souvent les cours d'eau comme de vulgaires égouts. L'atmosphère n'est guère épargnée : pluies acides, effet de serre, trous dans la couche d'ozone. La pollution est là. Les journaux, les magazines, la radio et la télévision nous le rappellent régulièrement. On a quelquefois l'impression que le ciel est en train de nous tomber sur la tête. Pire encore, notre sentiment d'impuissance n'a parfois d'égal que notre ignorance!

Les cours d'eau regorgent de polluants chimiques. Certains, plus ou moins persistants, proviennent des eaux usées domestiques et des engrais. D'autres, par contre, demeurent dans le milieu aquatique pendant des années et s'accumulent à un rythme effarant, comme les métaux lourds, les pesticides, les BPC (biphényles polychlorés) et les substances radioactives, pour n'en nommer que quelques-uns. Ces produits chimiques sont tantôt associés à la réduction des populations des milieux aquatiques, tantôt à l'apparition, chez les poissons et les oiseaux, de difformités et de cancers. Les bélugas du Saint-Laurent, ces baleines blanches, ne sont-ils pas menacés de disparition? Et que dire des coûts toujours grandissants associés au traitement de l'eau afin de la rendre propre à la consommation domestique?

Les trous dans la couche d'ozone augmentent les risques de cancer de la peau. L'effet de serre pourrait faire monter la température du globe au point de provoquer des sécheresses ou encore des inondations qui, par suite de la fonte de la calotte glaciaire (de l'Antarctique), feraient disparaître des pays entiers¹. Les pluies acides, elles, sont responsables du dépérissement des érables, de la dégradation des monuments et des édifices dans les villes de même que de la disparition de la vie dans les lacs. On dit même que 80% des lacs de l'est du Canada sont acides ou en train de le devenir.

La plupart des gens s'entendent pour dire qu'il faut agir, mais leur opinion diffère quant aux moyens à prendre. Les polluants agissent à long terme : c'est leur accumulation qui cause des problèmes. Quelles mesures faut-il prendre et à quel coût? Les dirigeants discutent entre eux pour décider des meilleures solutions. Mais pour l'individu, il n'est pas facile de voir clair parmi toutes les informations transmises par les médias. De plus, la science et la technologie, la politique, l'économie, la santé, l'écologie, l'histoire et même la météorologie sont autant de points de vue différents pour parler de pollution.

1. Il existait une autre théorie selon laquelle l'effet de serre causerait un refroidissement de la Terre, car le CO₂, un des gaz responsables de l'effet de serre, réfléchit les rayons solaires. Cependant, il fait aujourd'hui consensus qu'une augmentation de la quantité de gaz carbonique provoque une augmentation plus ou moins grande de la température.

Ex. 1.1 Vous trouverez ci-dessous des extraits d'articles de journaux traitant des problèmes mentionnés au paragraphe précédent. À chacun de ces extraits, associez le ou les points de vue privilégiés par le journaliste.



Les produits chimiques toxiques, legs d'une société chimique

Nous sommes une société « chimique »; nous utilisons des centaines de produits chimiques dans nos activités quotidiennes normales : le lavage, les repas, le ménage, l'entretien de la pelouse et du jardin ainsi que la conduite automobile. Actuellement, on connaît presque 10 millions de produits chimiques, et, de ce nombre, environ 100 000 sont utilisés commercialement. Plus de 10 000 nouveaux produits sont mis au point chaque semaine.

La plupart des produits chimiques toxiques sont rejetés directement dans nos cours d'eau sous forme de déchets, mais un grand nombre pénètrent aussi dans l'eau à la suite de leur utilisation quotidienne à la maison, en agriculture et dans l'industrie. Ces produits modifient constamment la composition chimique de nos eaux, soit par infiltration, c'est-à-dire lorsqu'ils imprègnent la terre et se rendent jusqu'aux eaux souterraines après avoir été lixiviés des décharges et des terres agricoles, par exemple, soit par ruissellement, lorsqu'ils sont entraînés dans des masses d'eau en provenance de la terre, où ils ont été utilisés ou déversés, ou encore de l'atmosphère, dans laquelle ils ont été rejetés.

Les produits chimiques peuvent altérer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau. Ils peuvent rendre les poissons et les animaux moins fertiles, entraîner chez eux des malformations génétiques, endommager leur système immunitaire, accroître la fréquence des tumeurs et parfois entraîner la mort.

Une grande partie des produits chimiques qui pénètrent dans l'eau, même en quantité minime, sont toxiques pour l'être humain, les plantes et les animaux. Les pesticides, les BPC et les PPC (phénols polychlorés) en sont des exemples typiques. Les pesticides sont utilisés en agriculture, en foresterie et à la maison. Les BPC, bien qu'ils ne soient plus utilisés dans les nouvelles installations, servent encore d'isolant dans les anciens transformateurs électriques, et certains agents de préservation du bois contiennent des PPC. Les mêmes propriétés pour lesquelles ces produits chimiques sont utilisés, la toxicité et la persistance, par exemple, les rendent très nuisibles pour l'environnement.

Source : Écocivisme, *L'eau propre - La vie en dépend!* Collection Eau douce, A-3, Environnement Canada, p. 5.

- A. Scientifique et technologique
- B. Politique
- C. Économique
- D. Médical
- E. Écologique
- F. Historique
- G. Météorologique

	Extrait	Points de vue
1.	Un lien possible entre le cancer du poumon et la pollution (<i>Figaro</i> , octobre 2008)	
2.	Le Canada doit intensifier sa lutte contre la pollution des Grands Lacs. C'est ce que réclament les États-Unis au cours d'une conférence internationale qui se déroule à Montréal (<i>La Presse</i> , 14 mai 1993)	
3.	Les premières observations alarmantes de l'acidité croissante des précipitations en Europe et dans l'est de l'Amérique du Nord datent des années 60 (<i>Pour la science</i> , octobre 1988)	

	Extrait	Points de vue
4.	Les pluies acides peuvent tomber à des kilomètres des sources de pollution (<i>Pour la science</i> , octobre 1988)	
5.	La pollution réduit le quotient intellectuel des enfants (<i>Associated Press</i> , juillet 2009)	
6.	Des Canadiens prouvent le lien entre la couche d'ozone et les ultraviolets (<i>La Presse</i> , 12 novembre 1993)	
7.	Les pluies acides rongent rapidement l'héritage immobilier de nos enfants (<i>La Presse</i> , 6 août 1988)	
8.	La pollution atmosphérique réduit la luminosité du ciel (<i>Figaro</i> , mars 2009)	
9.	Un enfant demande l'interdiction des pesticides à l'Île-Bizard (<i>La Presse</i> , 4 octobre 1993)	
10.	Baleines et dauphins en danger d'extinction (<i>La Presse</i> , 17 mai 1994)	

Ex. 1.2 À l'aide du dictionnaire, définissez le mot « pollution ».

Les deux questions suivantes vous incitent à réfléchir et à utiliser autant votre intuition que vos connaissances personnelles. Les réponses n'ont pas encore été mentionnées. Essayez de les trouver par vous-même.

Ex. 1.3 Trouvez une caractéristique commune aux phénomènes suivants : les pluies acides, l'effet de serre, les trous dans la couche d'ozone et les sources de pollution de l'eau.

Ex. 1.4 Associez les phénomènes (pluies acides, effet de serre, trous dans la couche d'ozone, pollution de l'eau) aux observations de la colonne de gauche du tableau.

Note – Dans certains cas, plus d'un phénomène peut être mentionné.

Observation	Phénomène
Vitre ou peinture qui perd de son éclat	
Cancer de la peau	
Émissions de gaz des voitures	
Augmentation des radiations ultraviolettes	
Mort des poissons dans les lacs	
Dépérissement des érables	
Réchauffement de la planète	
Fermeture d'une plage	

DES PROBLÈMES LIÉS À L'UTILISATION DE PRODUITS CHIMIQUES

Nous aborderons dans ce guide les problèmes liés à l'utilisation de produits chimiques. Les différentes formes de **pollution** de l'eau et de l'atmosphère sont souvent des conséquences de l'activité humaine. La pollution est un phénomène complexe et ses conséquences, tant sur l'environnement, la santé et l'économie, le sont tout autant. Plus encore, la diversité des solutions proposées n'a d'égal que la multitude des points d'intérêts des secteurs touchés.

Pour bien cerner un problème lié à l'utilisation des produits chimiques, nous devons l'aborder à travers ses dimensions scientifique, technologique, sociale, économique, écologique, politique, voire historique et éthique. Nous allons donc développer une stratégie pour analyser ces problèmes : **l'étude de cas**. Mais examinons d'abord la nature de quelques problèmes de pollution aquatique et atmosphérique, et les facteurs qui en sont responsables.

DES PROBLÈMES DE POLLUTION AQUATIQUE

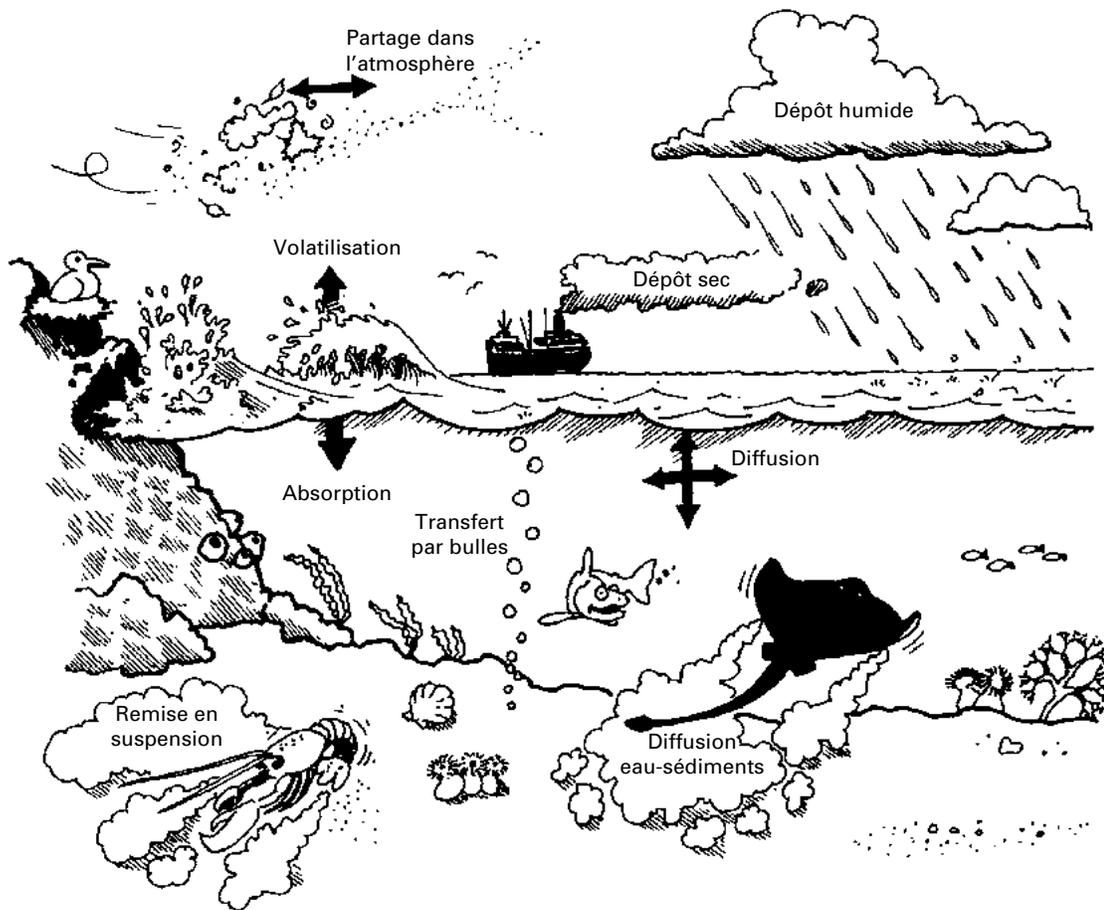
Nous associons d'emblée l'eau à la vie. La Terre n'est-elle pas nommée la planète bleue? La vie sur Terre n'a-t-elle pas pris naissance dans l'eau? Ne sommes-nous pas, êtres vivants de cette planète, essentiellement composés d'eau? L'eau recouvre notre planète, se cache dans son sous-sol et emplit son atmosphère. Toutefois, seulement une infime partie de ce liquide incolore est à la fois potable et accessible.

Un pays bâti grâce à l'eau

La colonisation de notre continent s'est faite, en bonne partie, grâce aux cours d'eau. Voies de communication privilégiées, les Grands Lacs, le fleuve Saint-Laurent et les nombreux affluents ont favorisé l'établissement de nombreuses communautés sur leurs rives. L'agriculture s'est installée autour des tributaires des principaux cours d'eau. Les villes ont grandi amenant industries et population. L'activité humaine a donc pris naissance et a crû autour de cette richesse hydrique; elle en dépend encore aujourd'hui.

Cette croissance importante de l'activité humaine près des cours d'eau a apporté son lot de problèmes. Selon une image peu flatteuse, on compare les Grands Lacs, le fleuve Saint-Laurent et l'océan Atlantique à un immense système d'égouts. Au cours des 100 dernières années, plus de 60 000 produits chimiques différents ont été déversés dans l'immense cuvette que représentent les Grands Lacs. Le fleuve Saint-Laurent sert de collecteur principal et reçoit l'ensemble des polluants toxiques provenant de l'activité humaine de nos voisins en amont. À ce flux toxique s'ajoutent les déchets produits en bordure du fleuve qui se rendent vers le grand égout collecteur qu'est l'océan.

Figure 1.1 – Les substances toxiques dans le milieu aquatique



Des retombées de sources diverses contribuent à polluer l'eau. La diffusion, le transfert par les bulles de même que les échanges avec les sédiments de fond et à la surface de l'eau illustrent la diversité des chemins empruntés par les polluants. Cette pollution se transmet à tous les êtres vivants de la flore et de la faune aquatiques.

Les sources de contamination de l'eau sont nombreuses. Trois types d'activités humaines contribuent largement au problème : les activités industrielles, les activités agricoles et les activités domestiques.

Les rejets industriels contribuent à l'accumulation dans les cours d'eau des produits les plus toxiques et les plus persistants de tous : produits pétroliers, métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), BPC, etc. On dénombre, autour des Grands Lacs, pas moins de 42 sites hautement contaminés par de tels produits. Cette contamination est directement responsable de la baisse de la reproduction et de l'apparition de mutations chez les animaux touchés, de la fermeture des plages, des difficultés dans le traitement des eaux. Nous commençons à peine à prendre conscience de l'importance des coûts environnementaux, économiques et sociaux de cette contamination.

L'activité agricole contribue aussi largement à la détérioration des cours d'eau. En raison de sa distribution géographique, cette industrie participe surtout à la contamination des tributaires des cours d'eau principaux. Les engrais, les pesticides ainsi que la matière organique présente dans le fumier et les eaux de laiterie atteignent les cours d'eau par ruissellement ou

lessivage². Les engrais favorisent la croissance des algues et l'augmentation des débris qui en résulte accélère le vieillissement des lacs. Les pesticides présents dans les aliments s'infiltrent dans la chaîne alimentaire et sont souvent associés à l'apparition de cancers. Les polluants organiques favorisent le développement de bactéries et virus associés à certains problèmes de santé et à la fermeture des plages publiques.

Les activités domestiques rejettent surtout des matières organiques par le système d'égout. À cela s'ajoutent les eaux d'égouts pluviaux qui contiennent les produits d'entretien des routes et autres substances contaminantes (produits pétroliers et de nettoyage). Enfin, les nombreux produits chimiques que nous utilisons quotidiennement s'ajoutent aux polluants industriels et agricoles et contribuent aux problèmes déjà soulevés.



Une ressource en danger

Quoi que nous fassions, où que nous allions, l'eau est partout et, à première vue, sa disponibilité semble illimitée. Elle recouvre près des trois quarts de la surface de la planète sous forme d'océans, de fleuves, de rivières, de lacs, de neige et de glaciers. On la retrouve également dans l'atmosphère et dans les nappes souterraines.

On estime que les réserves totales d'eau dans le monde sont de 1 386 millions de km³. Difficile à imaginer? Pour vous donner un ordre de grandeur, disons que 1 km³ d'eau remplirait 300 stades olympiques... De cette quantité, 95,1% se présentent sous forme d'eau salée et difficilement utilisable pour la consommation humaine. L'eau douce constitue seulement 4,9% du volume total, dont la plus grande partie se trouve sous forme de glace ou d'eau souterraine, ce qui la rend peu accessible. Seulement 139 000 km³ d'eau douce ne se trouve ni sous terre, ni sous forme de glace. L'humanité dispose donc de 0,01% (1/100 de 1%) du volume total d'eau pour répondre à ses besoins. À titre de comparaison, si on pouvait mettre toute l'eau de la planète dans un baril de 45 gallons, la partie utilisable par l'homme tiendrait dans moins de une cuillerée à thé.

Le Canada est célèbre à juste titre pour ses réserves d'eau douce. Demandez à un touriste débarquant de l'avion de vous décrire l'image qu'il se fait du Canada et il y a fort à parier qu'il vous parlera de ses vastes étendues d'eau! Les lacs couvrent environ 8% de la superficie du pays, une proportion qu'on ne retrouve nulle part ailleurs dans le monde. Le Canada compte 565 lacs d'une superficie supérieure à 100 km². À eux seuls, les Grands Lacs, à cheval sur la frontière canado-américaine, contiennent 22 700 km³ d'eau, soit 25% de l'eau douce des lacs de la planète. Ils occupent ainsi la première place à ce chapitre, ex æquo avec le lac Baïkal en Sibérie.

On estime que 9% des réserves d'eau douce de surface du monde se trouvent sur le territoire canadien, comparativement à 18% au Brésil, 9% en Chine et 8% aux États-Unis. Le Canada dispose de 120 000 m³ d'eau fraîche par habitant, ce qui est énorme si on compare avec d'autres régions du monde : l'île de Malte, par exemple, possède moins de 100 m³ d'eau douce par habitant. Le Québec partage la richesse hydrique du Canada puisque les nappes d'eau douce recouvrent 10% de sa surface.

2. Entraînement vers des couches inférieures du sol de certains éléments qui se dissolvent dans l'eau et peuvent ainsi se retrouver dans des réserves d'eau souterraine et les contaminer.

Une abondance trompeuse

Néanmoins, si les Canadiens disposent d'abondantes réserves d'eau, il faut souligner que la plus grande partie de cette eau est située loin des centres urbains, agricoles et industriels. En effet, les deux tiers de l'eau douce canadienne coulent vers le nord, dans les bassins océaniques de l'Arctique et de la baie d'Hudson, alors que 90% de la population habite les 300 km qui longent la frontière canado-américaine.

L'approvisionnement en eau potable à partir des cours d'eau est de plus en plus difficile en raison de la nature, de la quantité et de la diversité des contaminants rejetés dans le milieu par suite des activités urbaines, industrielles et agricoles. L'apparition de nouveaux produits chimiques non biodégradables rend difficile, voire impossible, toute épuration naturelle.

La pollution par les pluies acides est une autre forme de dégradation de la qualité de l'eau. Au Québec, c'est surtout au nord du fleuve Saint-Laurent que les effets des pluies acides se font sentir. Sur 1 253 lacs échantillonnés, 50% sont acides ou en voie de le devenir. Les régions les plus affectées sont la Côte-Nord, l'Outaouais, la Mauricie et l'Abitibi.

Source : André SAINT-HILAIRE. « La qualité de l'eau au Québec », dans *Protégez-Vous, Cahier spécial H₂O*, mai 1995, p. 4-5.

DES PROBLÈMES DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Il sera surtout question, dans le présent guide d'apprentissage, des pluies acides. Mais il arrivera que ce problème soit mis en relation avec les autres types de **pollution atmosphérique**. Les pluies acides, l'effet de serre et les trous dans la couche d'ozone sont trois des conséquences de la pollution atmosphérique. Ces phénomènes ne sont cependant pas tous causés par le même type de pollueur. Voyons quelle est la nature de chacun de ces problèmes et quels en sont les pollueurs responsables.

La couche d'ozone

La **couche d'ozone** s'étale dans l'atmosphère entre 15 et 35 kilomètres d'altitude. L'ozone qu'elle contient protège la vie terrestre contre les rayonnements ultraviolets qui proviennent du Soleil. Autrefois, les systèmes de réfrigération, les bombes aérosol et certaines mousses contenaient des substances chimiques, les **chlorofluorocarbones**, gaz ininflammables et peu coûteux, couramment appelés « CFC ». Après avoir constaté l'effet néfaste de ces produits sur la couche d'ozone, on a éliminé leur utilisation. Comme leur nom l'indique, ils contiennent du chlore, du fluor et du carbone. Une fois libérés dans l'atmosphère, les CFC réagissent avec l'ozone qui disparaît petit à petit. Résultat : la couche d'ozone s'amincit. Leur effet destructeur se poursuit pendant plusieurs siècles après leur émission car ils se dégradent très lentement dans l'atmosphère.

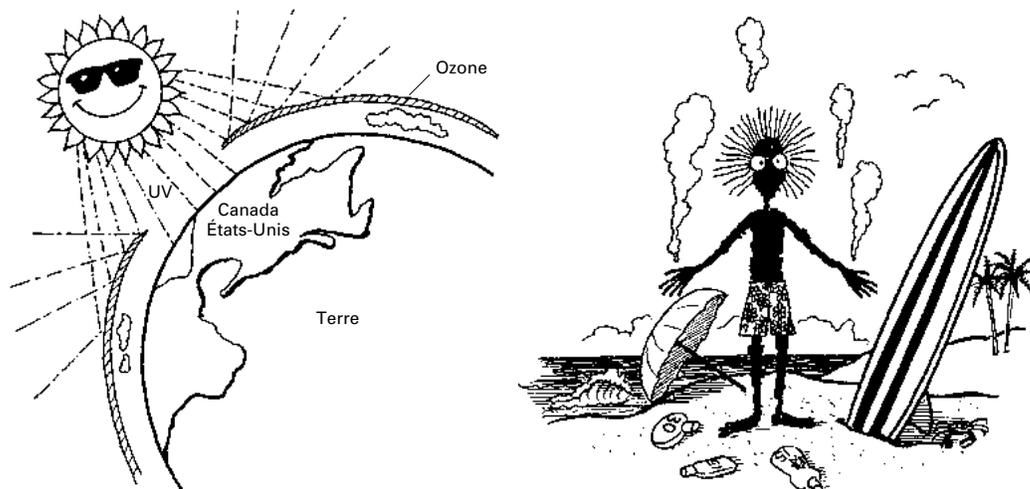
Comme elle nous protège des rayons ultraviolets, la principale conséquence de son amincissement serait, selon certains chercheurs, une augmentation du nombre de cancers de la peau. La baisse des rendements agricoles et l'affaiblissement du système immunitaire³ humain seraient également attribuables à la diminution de l'ozone. Cependant, rien n'est

3. Ensemble des caractéristiques du corps humain qui lui permettent de résister à certains agents pathogènes (bactéries, microbes, virus).

si sûr. D'autres scientifiques affirment que les rayons ultraviolets deviennent dangereux si on s'expose trop longtemps au soleil et qu'on associe à tort les cancers de la peau à l'amincissement de la couche d'ozone. Quoi qu'il en soit, et comme il vaut mieux prévenir que guérir, depuis qu'on a établi la relation entre les CFC et l'ozone, en 1982, on a trouvé des solutions de remplacement et la consommation de CFC n'a cessé de diminuer depuis.

En outre, à compter du 1^{er} janvier 2012, les refroidisseurs, les équipements de réfrigération industriel, commercial et institutionnel ne devront plus fonctionner au CFC et ne devront plus être utilisés. Au Québec, le 23 décembre 2004, entré en vigueur le « Règlement sur les halocarbures » dont l'objectif est de réduire les émissions de CFC dans l'atmosphère.

Figure 1.2 – Amincissement de la couche d'ozone

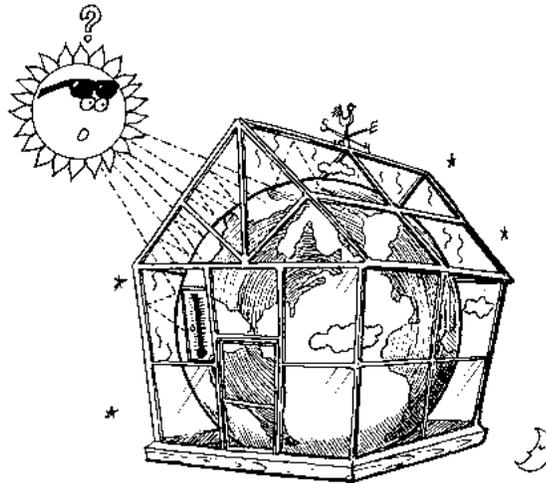


Sans la protection de la couche d'ozone, le baigneur risque de « cuire » au soleil.

Les gaz à effet de serre (GES)

Certains gaz agissent comme les vitres d'une serre : ils laissent entrer les rayons lumineux mais empêchent les rayons infrarouges de ressortir. Il en résulte une accumulation de chaleur dans la serre. Des scientifiques, notamment ceux de l'Institut de physique de Berne, en Suisse, ont montré que le gaz carbonique (CO_2) contribuait de manière importante au réchauffement du climat de la Terre. C'est ce qu'on appelle l'**effet de serre**. Les conséquences pourraient être très néfastes. Les pays pauvres du tiers monde risquent de voir leurs régions agricoles déjà fragiles bouleversées par le réchauffement et la sécheresse. Les réserves en eau sont même menacées. Les ouragans pourraient devenir plus intenses et plus fréquents. Toutefois, les avis des scientifiques sur les conséquences de l'effet de serre sont partagés. Certains pensent qu'une partie de l'augmentation du gaz carbonique serait absorbée par les océans et que cela réduirait le réchauffement du climat de la Terre. Chose certaine, les conséquences ne seront nullement agréables. L'augmentation de la quantité de CO_2 dans l'atmosphère est principalement attribuable à l'utilisation du pétrole et de ses sous-produits, notamment pour le transport et dans les centrales thermiques.

Figure 1.3 – Effet de serre



L'effet de serre pourrait provoquer un réchauffement de la planète.

Les pluies acides

L'eau de pluie est naturellement légèrement acide, mais cette acidité s'accroît à mesure qu'augmente la pollution atmosphérique. Les **pluies acides** interviennent directement dans le cycle de l'eau. La qualité de l'eau est donc liée à la qualité de l'air. La pollution industrielle est le principal facteur à l'origine des pluies acides. Les rejets les plus néfastes émis dans l'atmosphère par les cheminées d'usines sont le dioxyde de soufre (SO_2) et les oxydes d'azote (NO_2 , NO_3 ou N_2O_5 , généralement regroupés sous l'appellation NO_x).

Le dioxyde de soufre (SO_2) est produit principalement par les usines de traitement de minerais de cuivre (Cu), de nickel (Ni), de plomb (Pb) ou de zinc (Zn), car ils contiennent du soufre (S). Il est aussi rejeté par les centrales thermiques qui produisent de l'électricité en brûlant du pétrole ou du charbon. L'industrie des pâtes et papiers libère également du SO_2 dans l'atmosphère, quoique en quantité moindre.

Figure 1.4 – Conséquences des pluies acides



Les pluies acides engendrent des effets dévastateurs sur la nature.

Les oxydes d'azote (NO_x) proviennent à 40% et plus, selon les régions, des gaz d'échappement des véhicules de transport (automobiles, avions, trains, autobus, camions, bateaux). Pour

le reste, ils proviennent de l'utilisation des autres combustibles fossiles⁴ (huile, charbon et gaz naturel) pour la production d'électricité, le chauffage et certains besoins de procédés industriels.

Les polluants rejetés par les industries voyagent. Les vents peuvent les transporter sur des distances allant jusqu'à 10 000 kilomètres avant qu'ils retombent au sol sous forme de précipitations. Au Canada, on estime que les pluies acides conséquentes des polluants rejetés aux États-Unis sont cinq fois plus importantes que celles dues à la pollution canadienne.

Les pluies acides ont des effets dommageables sur l'ensemble des êtres vivants. Elles compromettent notre santé et également celle des animaux, principalement les poissons, les oiseaux et les insectes en contaminant l'eau potable. Elles ralentissent la croissance des plantes et augmentent leur sensibilité aux maladies. De plus, elles nuisent à l'agriculture en appauvrissant les sols et dégradent les matériaux (corrosion des métaux, perte de transparence du verre, friabilité du papier qui augmente avec le temps, décoloration de la peinture).

Ex. 1.5 Dans les pages qui précèdent, nous avons présenté plusieurs problèmes de pollution et, dans l'exercice 1.1, vous avez déterminé différents points de vue liés eux aussi à des problèmes de pollution. Supposons maintenant que vous deviez préparer un travail de recherche sur un problème relatif à la pollution : choisissez un type de problème particulier et énumérez 5 aspects ou points de vue généraux que vous devriez traiter afin d'assurer une vue d'ensemble du problème.

Type de problème de pollution : _____

1^{er} aspect : _____

2^e aspect : _____

3^e aspect : _____

4^e aspect : _____

5^e aspect : _____

Vous avez peut-être trouvé l'exercice précédent difficile, surtout si vous vous êtes limité à des aspects généraux ou, au contraire, vous avez peut-être trouvé difficile de vous limiter à 5 aspects. Quel que soit le cas, il vous manquait un cadre, un canevas qui vous permette de structurer votre réflexion. En fait, les aspects sous lesquels on peut et doit aborder un problème sont nombreux.

La pollution de l'eau, par exemple, vous touchera différemment si vous travaillez dans une industrie dite polluante et avez des responsabilités familiales ou si vous êtes un élève sensibilisé à la dégradation de la qualité de la planète. Dans tous les cas, il importe d'abord et avant tout de broser un tableau complet de la situation quels que soient vos intérêts personnels. On doit cerner le problème, dresser l'inventaire des conséquences et analyser les solutions possibles en tenant compte de leurs répercussions.

4. Formés par l'accumulation de matières organiques, les combustibles fossiles sont des substances qui brûlent et se consomment en produisant une quantité de chaleur utilisable.

Pour analyser globalement les problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques, nous vous proposons le cadre de travail d'une étude de cas.

L'ÉTUDE DE CAS

La méthode proposée se prête à toutes sortes de cas (problème financier, un cas judiciaire ou autres), mais elle s'applique aussi à l'analyse de problèmes environnementaux tels que les précipitations acides, l'utilisation de pesticides, la gestion des déchets, la pollution de l'eau ou la gestion des ressources énergétiques.

Pour bien compléter une étude de cas, il faut d'abord déterminer toutes les facettes du problème : scientifique, technologique, historique, politique et économique. On analyse ensuite l'ensemble des conséquences du développement technologique : il s'agit bien sûr de soulever les problèmes liés à l'utilisation de la technologie, mais encore plus important, de situer la technologie dans un contexte social plus global. Enfin, l'étude de cas est complétée par l'examen et l'évaluation des solutions possibles.

Voici un exemple d'étude de cas réalisée par David Suzuki, un vulgarisateur scientifique bien connu au Canada. Ce court passage d'un texte extrait des *Limites de la prévisibilité des effets de la technologie* illustre les différents aspects d'un problème lié à l'utilisation du DDT, un insecticide puissant.

Exemple d'étude de cas

Le premier exemple est celui du DDT. Les avantages de ce produit étaient évidents : énormes profits pour l'industrie chimique et possession d'un moyen imprécis, mais puissant, de lutter contre les insectes nuisibles. Son utilisation généralisée a d'ailleurs sauvé des millions de vies en faisant temporairement reculer le paludisme (malaria). Cependant, en réfléchissant un peu, n'importe quel généticien ou écologiste aurait pu mettre fortement en doute, a priori, la valeur à long terme du DDT, en prédisant qu'il favoriserait la sélection de mutants résistants et provoquerait, par son absence de spécificité, une perturbation majeure des écosystèmes. En revanche, aucune préévaluation prospective n'aurait pu mettre en évidence le phénomène de la bio-amplification, c'est-à-dire la concentration de molécules à des niveaux plus élevés de la chaîne trophique. Ce phénomène n'a été découvert que parce que l'emploi du DDT s'est généralisé. Par conséquent, personne n'aurait pu prédire que ce composé se concentrerait en fin de compte sur les glandes coquillières des oiseaux, provoquant un amaigrissement et une fragilisation de la coquille des œufs, au point de mettre en péril la survie de nombreuses espèces⁵.

5. Tiré du *Rapport final du colloque de Venise (1986). La science face aux confins de la connaissance : le prologue de notre passé culturel*, Paris, UNESCO.
Reproduit avec la permission de l'UNESCO.

Exemple

À l'aide du texte qui précède, soulevez les différents aspects du problème de l'utilisation du DDT comme insecticide.

Bien que cette étude de cas soit très succincte, elle aborde plusieurs aspects de la problématique entourant l'utilisation du DDT.

- Dimension économique

Elle est soulignée tant du point de vue de l'industrie productrice que de celui des utilisateurs : source de revenus importante pour le fabricant et moyen efficace pour contrôler les insectes indésirables.

- Dimension sociale

Elle est présentée en fonction des avantages pour la santé publique : réduction du paludisme dans les pays pauvres.

- Aspects scientifiques

Ils sont notés par les risques de développer une souche résistante et par l'absence de spécificité du DDT.

- Dimension environnementale

Elle est présente dans les différentes conséquences écologiques : perturbation majeure des écosystèmes, bio-amplification, amincissement des coquilles d'oiseaux et menace pour la survie de certaines espèces.

- Analyse des solutions

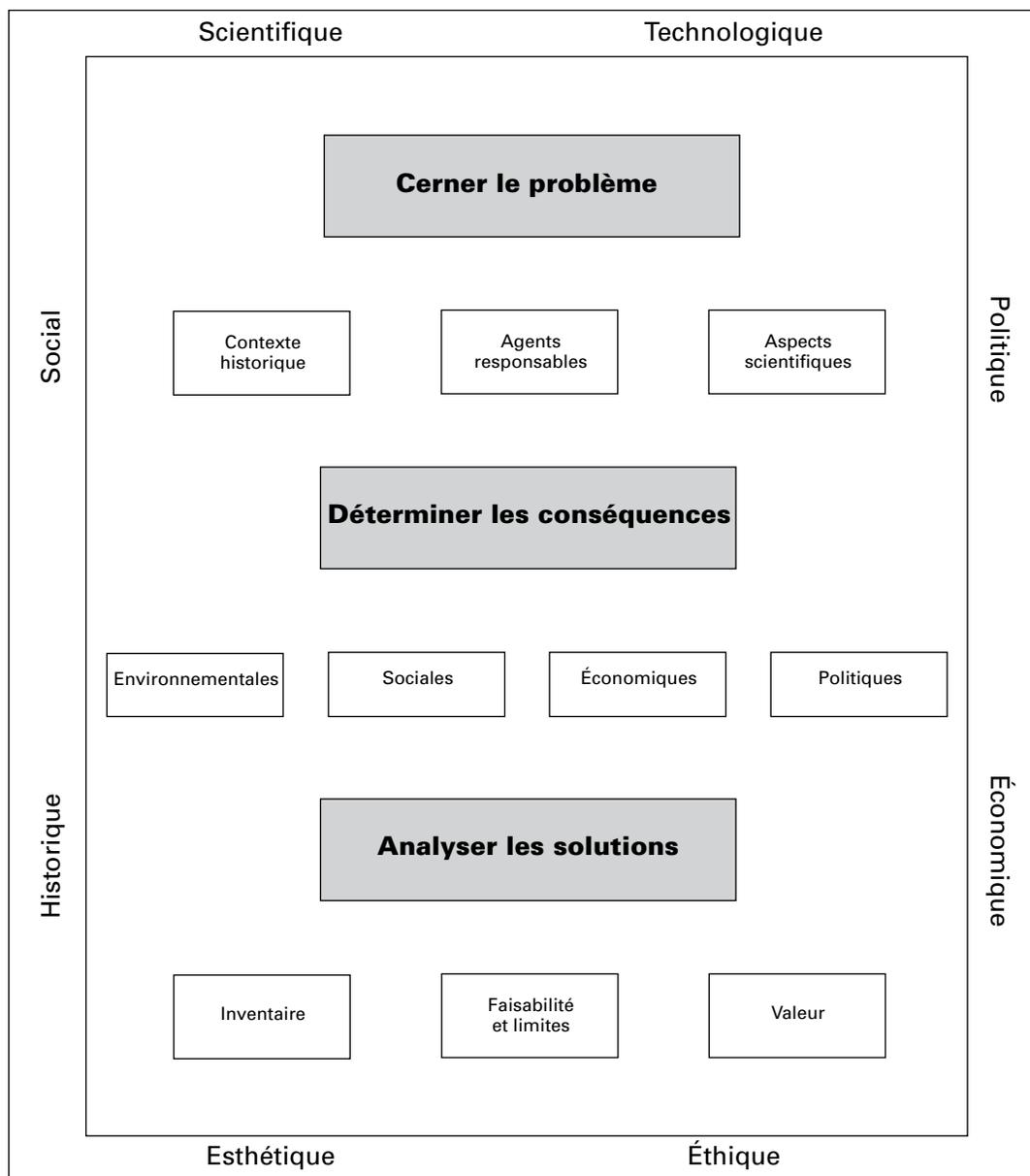
Ce qui ressort du texte, dans le ton et la présentation, c'est l'importance des coûts (ici surtout environnementaux) associés aux avantages apparents dans l'immédiat de l'utilisation du DDT de même que la difficulté ou encore l'absence de volonté à prévoir les conséquences environnementales de l'utilisation généralisée d'un produit comme le DDT.

Bien que le texte choisi soit très court, plusieurs facettes du problème y sont abordées. Par ailleurs, pour procéder à l'étude plus complète d'un cas, il est important d'acquérir une vision globale et éclairée de la problématique posée. Nous devons donc apprendre à travailler rigoureusement en évitant de se perdre dans les détails.

UNE STRUCTURE POUR L'ÉTUDE DE CAS

Pour réaliser une étude de cas, il importe de se doter d'un cadre d'analyse rigoureux, mais souple et adaptable. Le schéma qui suit propose un cadre général applicable à tous les types de cas.

Figure 1.5 – Schéma de la structure générale pour l'étude de cas



Un cadre précis facilite le travail à faire pour compléter une étude de cas.

Le schéma précédent propose trois grandes étapes pour l'étude de cas d'un problème lié à l'utilisation de produits chimiques : **cerner le problème**, **déterminer les conséquences** et **analyser les solutions**.

Cerner le problème

La première étape consiste à cerner le problème. Pour y parvenir, il faut situer le problème dans un contexte historique, en déterminer les agents responsables et, enfin, examiner les aspects scientifiques et technologiques en cause. Une fois cette étape complétée, on est en mesure de mieux comprendre le problème et de passer à la deuxième étape.

Pour y arriver, dans l'exemple du DDT, on a fait ressortir que l'utilisation du produit amenait des risques de développer une souche résistante (qui ne produirait plus les mêmes effets que pour les premiers essais) et que l'on risquait une perturbation majeure des écosystèmes étant donné que le DDT ne s'attaquait pas exclusivement à une espèce.

Déterminer les conséquences

Toujours selon le schéma proposé, cette deuxième étape exige que l'on fasse le meilleur inventaire possible des conséquences du problème. Afin d'obtenir une vue d'ensemble, on devra préciser les conséquences du cas soulevé sur plusieurs plans : environnemental, politique, économique et social.

Dans l'exemple du DDT, on a fait ressortir plus spécifiquement une réduction du paludisme (dimension sociale), les revenus importants que pouvaient en tirer l'industrie productrice et les utilisateurs (dimension économique) ainsi que la menace pour la survie de certaines espèces (dimension environnementale).

Analyser les solutions

En dernier lieu, l'analyse des solutions possibles au problème exige de dresser un inventaire précis de toutes les possibilités de solution en tenant compte de la faisabilité et des limites de chacune d'elles. Pour compléter cette dernière étape, on doit juger de la valeur des différentes solutions proposées au regard des aspects scientifique, technique, social, politique et économique.

Dans l'exemple du DDT, il ressort particulièrement que si le DDT était à court terme une solution au problème des insectes, une analyse plus approfondie des conséquences à long terme aurait pu permettre de déterminer plusieurs des conséquences néfastes de son utilisation qui ont par la suite amené le bannissement de ce produit.

L'analyse des problèmes liés à l'utilisation de produits chimiques constitue un exercice complexe. Souvent générés par des décisions basées sur la production et la consommation, ces problèmes touchent la société sous différents aspects. Il faut donc s'assurer d'en considérer toutes les facettes pour présenter une étude complète.

L'ÉTUDE D'UN CAS : LES PLUIES ACIDES

Aucune des formes d'énergie mises à profit par l'homme n'est parfaite. Au moment de la combustion de l'essence dans les voitures, des gaz sont dégagés dans l'atmosphère; ils réagissent ensuite avec l'eau de pluie pour former des pluies acides. Il en va de même pour le charbon brûlé en industrie. D'autres moyens de produire de l'énergie existent. La fission nucléaire en est un. Elle présente elle aussi des avantages et des inconvénients. On peut aussi produire de l'électricité au moyen de barrages hydroélectriques, d'éoliennes et de panneaux solaires. Mais il faut choisir et ce n'est pas facile. C'est pourquoi il importe de bien comprendre les enjeux politiques, économiques, technologiques ou environnementaux de chaque possibilité pour faire des choix éclairés.

Dans ce guide, nous avons choisi d'étudier le cas des pluies acides. Ce problème complexe touche de nombreuses facettes de notre société. De plus, il est global : généré initialement par la pollution atmosphérique, il touche aussi, de par sa nature, la qualité de l'eau. Nous allons donc, dans les pages qui suivent, présenter une amorce de l'étude du cas des pluies

acides en nous inspirant du schéma de la figure 1.5. Au chapitre 7, nous approfondirons l'analyse à la lumière des connaissances acquises en chimie tout au long du cours.

Nous devons donc en premier lieu cerner le problème. Pour débiter, explorons d'abord du côté scientifique en apprenant à reconnaître une substance acide.

Ex. 1.6 Avant d'entendre parler des pluies acides, qu'évoquait pour vous le mot « acide »?

COMMENT RECONNAÎTRE LES SUBSTANCES ACIDES?

On peut classer les produits selon qu'ils sont acides, basiques (alcalins) ou neutres. Le papier de tournesol, qui se présente sous la forme d'une bande de papier bleu ou rouge, permet de déterminer à quelle catégorie appartient une substance liquide. Il suffit de mettre le papier de tournesol en contact avec le liquide et d'observer s'il change de couleur.

Le papier bleu vire au rouge en présence d'un acide mais il reste bleu au contact d'une solution basique ou d'une solution neutre. Ainsi, le papier bleu permet d'identifier un acide mais il ne permet pas de différencier une base d'une solution neutre. À l'inverse, le papier rouge vire au bleu en présence d'une base mais il conserve sa couleur en présence d'une solution acide ou d'une solution neutre. Il identifie donc avec certitude une base mais ne permet pas de distinguer un acide d'une solution neutre. Dans l'expérience qui suit, vous allez utiliser les deux types de papier de tournesol.



Le papier de tournesol

Selon une croyance populaire très répandue, l'indicateur appelé « tournesol » serait extrait de la plante bien connue qui porte ce nom. Qui n'a pas goûté aux graines de tournesol ? La réalité est tout autre. En effet, cet indicateur est plutôt extrait d'un lichen, la maurelle, qui possède la propriété de changer de couleur selon que le milieu est acide (rouge) ou alcalin (bleu).

Claude RHÉAUME. *En quête des phénomènes ioniques*, module 3, Montréal, Éditions HRW, 1991, p. 66.



Expérience 1.1 – Un moyen de reconnaître les substances acides

But de l'expérience

Distinguer, parmi un groupe de substances, celles qui sont acides.

Hypothèse

En vous référant à votre connaissance des substances proposées dans la liste du matériel ci-dessous, lesquelles classeriez-vous comme étant des substances acides? Notez vos prédictions dans la deuxième colonne du tableau des résultats de la page suivante.

Matériel nécessaire

- Papier de tournesol bleu et papier de tournesol rouge.
- Les substances suivantes : jus de citron, jus de pomme, vinaigre, un échantillon d'urine et de salive, eau du robinet, bicarbonate de soude (soda à pâte, « la petite vache ») dissous dans un peu d'eau, nettoyeur Fantastik, eau de pluie ou neige fondue.
- Autres liquides que vous aimeriez analyser (inscrivez-les dans les espaces prévus au bas du tableau des résultats).

Manipulations

1. Prélevez une petite quantité de jus de citron.
2. Trempez un bout de papier de tournesol rouge dans le liquide et observez.
3. Notez dans le tableau qui suit si le papier reste rouge ou s'il bleuit.
4. Trempez un bout de papier de tournesol bleu dans le liquide et observez.
5. Notez dans le tableau qui suit si le papier reste bleu ou s'il rougit.
6. Reprenez les cinq premières étapes en remplaçant successivement le jus de citron par chacune des substances énumérées. Si vous utilisez le même contenant, prenez soin de bien le rincer et de l'essuyer avant d'y verser une nouvelle substance.

Substance	Prédiction	Observations		Résultat
		Papier de tournesol rouge	Papier de tournesol bleu	
Jus de citron				
Jus de pomme				
Vinaigre				
Urine				
Salive				
Eau du robinet				
Bicarbonate de soude dissous dans un peu d'eau				
Nettoyeur Fantastik				
Eau de pluie ou neige fondue				

Conclusion

- a) Remplissez la 4^e colonne du tableau en inscrivant « acide » ou « non acide » pour chaque substance.

- b) Parmi les substances précédentes, lesquelles sont acides?

c) Pour quelles substances vos observations sont-elles en accord avec vos prédictions?

d) Pour quelles substances vos observations sont-elles en désaccord avec vos prédictions?

e) Les résultats de votre expérience confirment-ils votre hypothèse de départ?

❖ **Fin** ❖

Il existe d'autres indicateurs de l'acidité ou de l'alcalinité que le papier de tournesol. Le thé, par exemple, en est un. Peut-être avez-vous déjà observé que le thé change de couleur lorsqu'on y ajoute du citron. Si ce n'est pas le cas, faites-en l'expérience : préparez-vous un bon thé chaud et ajoutez-y quelques gouttes de citron. Le changement de couleur indique une variation du degré d'acidité. Le thé peut donc servir d'indicateur de l'acidité, mais le changement n'est pas aussi évident qu'avec le papier de tournesol.

Ex. 1.7 Vous souvenez-vous de la première fois que vous avez entendu parler des pluies acides? C'était il y a combien de temps environ? Avez-vous fait à ce moment l'association entre ce phénomène et l'acidité du citron ou les brûlures d'estomac?

Poursuivons notre étude de cas en situant le problème des précipitations acides dans son contexte historique et en faisant un tour d'horizon de la situation dans le monde.

LES PLUIES ACIDES : DEPUIS QUAND EN PARLE-T-ON?

Le chimiste anglais Robert Angus Smith est le premier à avoir décrit en 1872, dans un texte de 600 pages, les rapports entre les fumées industrielles et la pollution acide. On lui doit l'expression « pluies acides ».

Au début du XX^e siècle, on s'aperçoit que les truites disparaissent de divers cours d'eau de Norvège de façon inexplicable. Des recherches montrent qu'il existe un lien direct entre la mort des poissons et le degré d'acidité des lacs.

Pendant des années, on oublie le problème. Mais, en 1950, un écologiste canadien, Eville Gorham, s'intéresse de nouveau aux pluies acides pendant qu'il étudie les tourbières en Grande-Bretagne. Dans un article publié en 1955, il jette le blâme sur l'industrie qu'il accuse d'être la cause des pluies acides. Les réactions sont toutefois très discrètes. C'est finalement un Suédois, Svante Oden, qui, en 1961, parle une nouvelle fois des pluies acides. Contrairement à celui de Gorham, son article sur le sujet attire l'attention des scientifiques.

Au cours des années 50 et 60, des chercheurs canadiens et suédois démontrent que les émanations acides peuvent être transportées très loin par le vent. Le Suédois Svante Oden lie l'acidité des lacs de Scandinavie aux fortes concentrations de polluants atmosphériques en provenance de Grande-Bretagne, d'Allemagne et de France. L'intérêt pour les pluies acides s'accroît aux États-Unis, en Angleterre et dans les pays de l'ex-URSS.

Pendant les années 70, les premières mesures de limitation de la pollution atmosphérique sont mises en œuvre. En 1973, un plan est lancé dans 11 pays européens pour mesurer la pollution de l'air sur une grande étendue. En 1979, un accord concernant la pollution atmosphérique à grande distance est signé par 35 pays à Genève, en Suisse.

La plupart des scientifiques connaissent l'existence du problème des pluies acides depuis les années 50, mais c'est seulement au cours des années 80 que les dommages, de plus en plus flagrants, commencent à inquiéter sérieusement l'opinion publique. Les accords internationaux de réduction de la pollution atmosphérique se multiplient dans cette décennie.

Au fil des ans, on s'est rapidement aperçu qu'il n'était pas suffisant de parler des pluies acides. Il existe en effet d'autres types de précipitations que la pluie dont le taux d'acidité peut être élevé. On a donc trouvé un terme plus général et on a commencé à parler de **précipitations acides**. Cependant, comme l'expression « pluies acides » était déjà couramment utilisée, on l'emploie aujourd'hui encore souvent dans un sens générique, c'est-à-dire qu'elle regroupe les mêmes notions que le terme « précipitations acides ».

Ex. 1.8 Connaissez-vous d'autres types de précipitations que la pluie qui peuvent être acides?

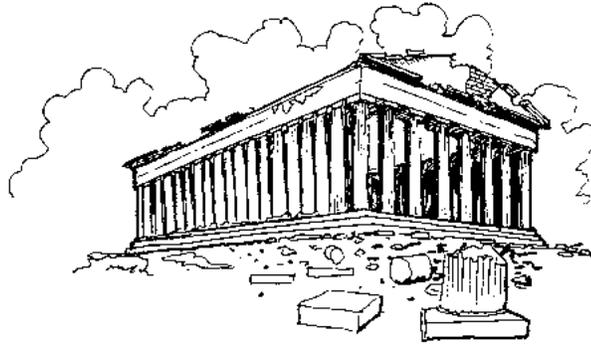
LES PRÉCIPITATIONS ACIDES DANS LE MONDE

En Grèce

En Grèce, on trouve de nombreux monuments qui remontent à l'Antiquité, il y a environ 2 500 ans. L'un des plus célèbres, le Parthénon, est attaqué par la corrosion. Les experts affirment qu'il a été plus endommagé au cours des 25 dernières années par la pollution causée par les gaz d'échappement des voitures et par les fumées des industries qu'au cours des 2 400 années précédentes.

Par ailleurs, les cariatides, six statues de jeunes filles sculptées dans le marbre par Phidias à la même époque, ont supporté sur leurs têtes le fameux portique d'un autre monument, l'Érechthéon de l'Acropole d'Athènes. En 1977, elles ont dû être remises dans un musée et remplacées par des colonnes faites de matériaux modernes résistant mieux à la corrosion. Le marbre ancien dans lequel elles avaient été façonnées était en train de devenir du gypse tendre sous l'action de la pollution atmosphérique, plus particulièrement des pluies acides.

Figure 1.6 – Les pluies acides attaquent les monuments



Le Parthénon, monument grec très célèbre, se détériore rapidement sous l'effet des précipitations acides.

En République tchèque

En République tchèque, plusieurs problèmes se manifestent. Voici ce qu'en dit Jean-Marie Pelt, président de l'Institut européen d'écologie.

Prague, la Ville Dorée, l'un des berceaux historiques de l'Europe, n'était qu'à quelques dizaines de kilomètres... La route s'engagea dans une forêt ou, plus exactement, dans ce qui avait été une forêt. Pas une forêt brûlée, pas une forêt malade, non, une forêt morte! Sur des kilomètres, des squelettes d'arbres morts ou mourants. Puis, çà et là, un rescapé dont la ramure, verte encore, sans doute pas pour longtemps, semblait crier le désarroi de ces innocentes victimes, massivement sacrifiées sur l'autel des pluies acides. Ultime et dérisoire élan de la vie avant que nature ne meure⁶!

Figure 1.7 – Une forêt morte, ou presque



Dans certaines forêts de la République tchèque, seuls quelques arbres survivent aux pluies acides.

En Afrique du Sud

Le charbon est la principale source d'énergie de l'Afrique du Sud et 80% de la consommation est brûlé à moins de 200 kilomètres de la capitale Johannesburg. Des constructions et des

6. Extrait du livre de Jean-Marie PELT. *Le tour du monde d'un écologiste*, © Librairie Arthème Fayard, Paris, 1990, p. 57. L'auteur est président de l'Institut européen d'écologie.

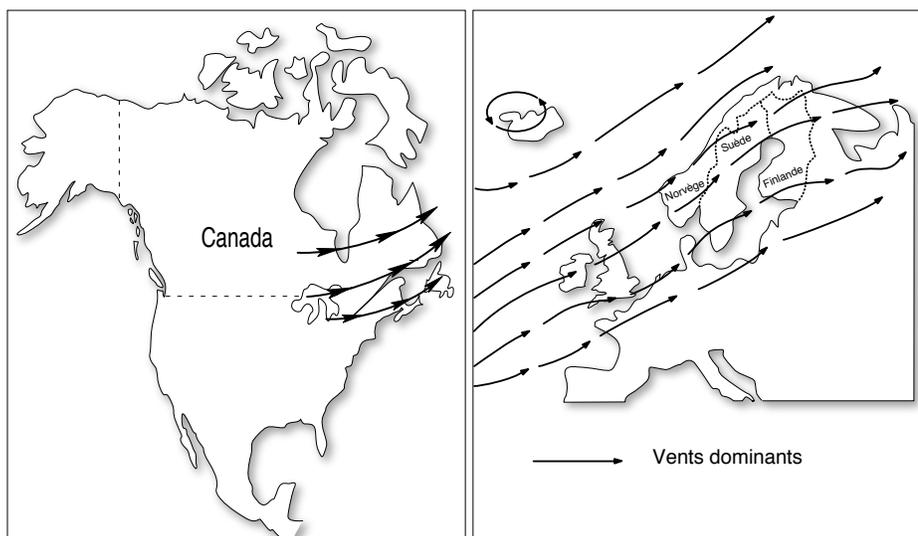
Reproduit avec la permission de la Librairie Arthème Fayard, 75, rue des Saints-Pères, 75728 Paris.

peintures rupestres⁷ très anciennes sont abîmées. Le parc national Kruger est menacé par les pluies acides.

Au Canada

La situation du Canada est semblable à celle d'autres pays européens tels la Suède, la Norvège et la Finlande, et peut-être même pire, quant à la contamination des lacs et des rivières par les pluies acides provenant d'un voisin industriel du sud. Au sud-ouest des pays scandinaves, l'Allemagne, la Pologne et, dans une moindre mesure, la Grande-Bretagne brûlent du charbon pour faire fonctionner les usines. Au sud-ouest du Canada, ce sont les industries américaines qui polluent l'atmosphère. Des vents dominants du sud-ouest charrient cette pollution au Canada. Si les Suédois ont commencé à réagir, notamment en remplissant les lacs de chaux pour neutraliser l'acidité, le Canada a encore beaucoup à faire dans ce domaine.

Figure 1.8 – Les vents transportent les polluants

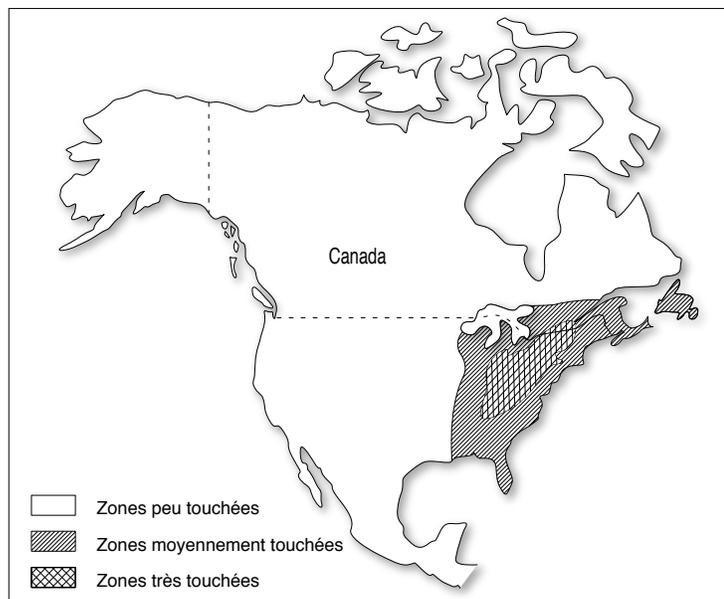


a) *Vents dominants au Canada*

b) *Vents dominants en Scandinavie*

7. Réalisées sur des rochers ou taillées dans la roche.

Figure 1.9 – Les régions touchées par les pluies acides en Amérique du Nord



Les zones blanches sont peu touchées, les zones hachurées, moyennement touchées et les zones quadrillées, très touchées. Remarquez que la région des Grands Lacs et la vallée du Saint-Laurent sont très touchées.

Ex. 1.9 Connaissez-vous d'autres exemples, près de chez vous ou ailleurs dans le monde, de dommages causés à l'environnement par les précipitations acides?

LES PRÉCIPITATIONS ACIDES : OÙ EN SOMMES-NOUS?

Au Québec, l'objectif pour 1990 était de réduire les émissions de dioxyde de soufre (SO₂), la principale cause des pluies acides, de 45% par rapport au niveau de 1980. Cet objectif a été atteint et même dépassé, car on les a réduites de 65%.

Est-il possible de diminuer les précipitations acides?

C'est au cours des années 80 que, à la suite des pressions des environmentalistes, les gouvernements commencent à réagir. Pour réduire l'acidité des pluies, on doit agir à plusieurs niveaux. Comme les polluants ne connaissent pas les frontières, ils voyagent d'un pays à l'autre avant de retomber sous forme de précipitations. Des accords internationaux sont donc indispensables. Il faut, sur le plan politique, que les gouvernements de plusieurs pays se parlent et concluent des ententes. Par ailleurs, pour que les industries commencent à mettre au point des procédés moins polluants, les problèmes doivent être clairement définis. Aujourd'hui, les solutions existent et plusieurs industries ont commencé à privilégier des techniques moins polluantes. Les catalyseurs installés dans les automobiles en sont un exemple.

Pour comprendre ce que sont les précipitations acides

Pour bien comprendre les causes et les effets de la pollution atmosphérique, il est essentiel de connaître les éléments présents dans l'atmosphère et la manière dont ils réagissent les uns avec les autres. La chimie permet de comprendre scientifiquement ce que sont les pluies acides. De plus, comme les polluants occasionnant les pluies acides voyagent et qu'ils réagissent avec l'eau de l'atmosphère, on a aussi besoin de connaître quelques notions de météorologie et de comprendre la dynamique du cycle de l'eau dans la nature.

Afin de compléter la première étape de l'étude de cas, il nous faut approfondir les aspects scientifiques de la question. Nous allons donc explorer du côté de la chimie et aborder la structure de la matière, la composition des substances et leur classification de même que les solutions acides et basiques. Au chapitre 7, nous reprendrons l'étude de cas à la lumière des connaissances acquises en cours de route.



Mots clés du chapitre

- Analyser les solutions
- Cerner le problème
- Déterminer les conséquences
- Effet de serre
- Pluies acides
- Pollution atmosphérique
- Couche d'ozone
- Étude de cas
- Pollution
- Précipitations acides



Résumé

On peut aborder la question des problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques sous différents angles : la science, la technologie, la politique, l'économie, la santé, l'écologie et l'histoire.

Nous dépendons de l'eau et de l'air pour notre survie et celle de notre planète. La **pollution** des cours d'eau est une conséquence directe de l'activité humaine liée à l'industrie, à l'agriculture et à la vie quotidienne. De nombreux produits issus de ces activités prennent le chemin de nos cours d'eau et les contaminent dangereusement. Les **pluies acides**, les gaz à **effet de serre** et les trous dans la **couche d'ozone** sont trois conséquences de la **pollution atmosphérique** et, contrairement aux deux autres, les pluies acides interviennent dans le cycle de l'eau.

Pour aborder les problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques d'une façon globale, nous pouvons faire une **étude de cas**. Trois étapes importantes sont nécessaires pour analyser efficacement un problème : **cerner le problème**, **déterminer les conséquences** et **analyser les solutions**. Une étude de cas valable doit tenir compte de toutes les facettes du problème (scientifique, technique, sociale, politique, économique).

Le terme « pluies acides » a été utilisé pour la première fois en 1872 par l'Anglais Robert Smith. Les scientifiques de plusieurs pays se sont intéressés à la question à partir des années 50. Plusieurs accords internationaux pour réduire les pluies acides ont été conclus au cours des années 80.

Lorsqu'on l'emploie dans son sens générique, le terme « pluies acides » regroupe aussi les notions de dépôts secs, brouillard, neige, grêle, rosée, nuage, grésil. On peut aussi alors parler de **précipitations acides**.

Pour réduire les pluies acides, il faut en comprendre la nature. Il faut pour cela des connaissances en chimie et en météorologie.



Exercices de synthèse

Ex. 1.10 Quels sont les principaux problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques?

Ex. 1.11 Quelles sont les principales sources de la pollution de l'eau?

Ex. 1.12 Quels sont les trois principaux types d'activités humaines associées à la pollution de l'eau?

Ex. 1.13 Quelles sont les conséquences de la pollution de l'eau liée à :

a) l'activité industrielle?

b) l'activité agricole?

c) l'activité domestique?

Ex. 1.14 Quels sont les principaux polluants associés aux pluies acides, à l'effet de serre et aux trous dans la couche d'ozone? Dans chaque cas, donnez la principale provenance de ces polluants.

Ex. 1.15 Donnez trois conséquences de la pollution atmosphérique.

Ex. 1.16 Donnez une caractéristique particulière des conséquences des pluies acides.

Ex. 1.17 Énumérez différents points de vue selon lesquels on peut aborder la question des problèmes liés à l'utilisation des produits chimiques.

Ex. 1.18 Qu'est-ce qui importe surtout lorsque l'on fait une étude de cas?

Ex. 1.19 Énumérez les trois grandes étapes d'une étude de cas.

Ex. 1.20 À quoi sert le papier de tournesol?

Ex. 1.21 Que comprend le terme générique « précipitations acides »?

Ex. 1.22 À quand remonte l'utilisation du terme « pluies acides »? À qui le doit-on?

Ex. 1.23 À quel moment les médias ont-ils commencé à parler régulièrement des pluies acides?

Ex. 1.24 Donnez quelques exemples de problèmes causés par les pluies acides.

Ex. 1.25 Pourquoi la lutte contre les précipitations acides requiert-elle autant d'accords internationaux?

Ex. 1.26 Pourquoi des notions de chimie sont-elles nécessaires pour comprendre la nature des pluies acides?

Ex. 1.27 Pourquoi des notions de météorologie sont-elles nécessaires pour comprendre le problème des pluies acides?
