

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
D.10.2	Discuter des analogies et des différences entre le LSD, la mescaline et la psilocybine.	3	Les élèves doivent connaître les similitudes des trois drogues et les comparer au noyau indole.
D.10.3	Discuter des arguments favorables et des arguments opposés à la légalisation du cannabis.	3	<b>Objectif global 8 :</b> les arguments en faveur de la légalisation incluent la capacité du cannabis à soulager les symptômes de certaines maladies. Les arguments contre la légalisation incluent les effets nocifs possibles et la possibilité pour les usagers du cannabis de passer à des drogues dures.

## Option E – Chimie de l'environnement (15/22 heures)

Les activités humaines nécessitent une utilisation intensive de ressources limitées puisées dans l'air, l'eau et le sol. Beaucoup de ces activités produisent des déchets qui s'accumulent dans l'environnement et génèrent une pollution dont les effets locaux et mondiaux ne cessent de s'accroître. La compréhension d'un tel phénomène est essentielle dans une perspective qui dépasse le cadre strict de l'étude de la chimie. Cette option présente de nombreuses occasions de discussion pour l'objectif global 8 et la dimension internationale.

**Tronc commun :** les sujets E1 à E8 constituent le tronc commun pour le NM et le NS (15 heures).

**Compléments :** les sujets E9 à E12 constituent les compléments pour le NS seulement (7 heures).

### E1 La pollution de l'air

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.1.1	Décrire les sources principales de monoxyde de carbone (CO), d'oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ), d'oxydes de soufre (SO <sub>x</sub> ), de particules et de composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère.	2	Inclure les sources naturelles et les sources d'origine humaine. Dans la mesure du possible, les équations des réactions rencontrées doivent être utilisées.
E.1.2	Évaluer les méthodes actuelles de réduction de la pollution de l'air.	3	Les exemples envisagés incluent : <ul style="list-style-type: none"> <li>• CO – convertisseurs catalytiques ;</li> <li>• NO<sub>x</sub> – convertisseurs catalytiques, contrôle du rapport air-combustible ;</li> <li>• SO<sub>x</sub> – épuration alcaline, lits fluidisés à base de calcaire ;</li> <li>• particules – précipitation électrostatique ;</li> <li>• COV – convertisseurs catalytiques.</li> </ul>

## E2 Les dépôts acides

1 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.2.1	Exprimer ce que signifie le terme <i>dépôts acides</i> et résumer leurs origines.	1	Les dépôts acides désignent le processus par lequel des particules, des gaz et des précipitations acides quittent l'atmosphère. Les dépôts humides (pluies, brouillards et neiges acides) et les dépôts secs (gaz et particules acides) seront évalués. La pluie est naturellement acide parce qu'elle renferme du CO <sub>2</sub> dissous mais le pH de la pluie acide est inférieur à 5,6. Les pluies acides sont dues à la présence d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote. Les équations de combustion du soufre et de l'azote et les équations de formation de H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>2</sub> et HNO <sub>3</sub> seront évaluées.
E.2.2	Discuter des effets environnementaux des dépôts acides et des méthodes possibles pour les combattre.	3	

## E3 L'effet de serre

1 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.3.1	Décrire l'effet de serre.	2	Les gaz responsables de l'effet de serre permettent le passage du rayonnement solaire de courte longueur d'onde mais absorbent le rayonnement de grande longueur d'onde émis par la Terre. Une partie du rayonnement absorbé est retourné à la Terre. <b>TdC :</b> certaines personnes mettent en doute la réalité du changement climatique et s'interrogent sur les motifs qui ont poussé les scientifiques à « exagérer » le problème. Comment évalue-t-on les preuves recueillies et les modèles utilisés pour prédire l'impact des activités humaines ?
E.3.2	Énumérer les principaux gaz à effet de serre et leurs sources, et discuter de leurs effets respectifs.	3	Les gaz à effet de serre à prendre en considération sont CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O et les chlorofluorocarbures (CFC). Leurs effets dépendent de leur abondance et de leur capacité à absorber le rayonnement thermique.
E.3.3	Discuter de l'influence d'une augmentation de la quantité de gaz à effet de serre sur l'atmosphère.	3	Les exemples envisagés incluent : la dilatation thermique des océans, la fonte des calottes polaires, les inondations, les sécheresses, les changements de température et les changements dans le régime des précipitations, les changements dans le rendement et la répartition des cultures commerciales et les changements dans la diffusion des parasites et des organismes vecteurs de microbes pathogènes.

## E4 La diminution de la couche d’ozone

1 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.4.1	Décrire la formation et la destruction de l’ozone dans la stratosphère par des processus naturels.	2	Formation : $\text{O}_2 \xrightarrow{\text{lumière UV}} 2\text{O}\cdot$ $\text{O}_2 + \text{O}\cdot \longrightarrow \text{O}_3$ Destruction : $\text{O}_3 \xrightarrow{\text{lumière UV}} \text{O}_2 + \text{O}\cdot$ $\text{O}_3 + \text{O}\cdot \longrightarrow 2\text{O}_2$
E.4.2	Énumérer les polluants responsables de la diminution de la concentration de l’ozone et indiquer leurs sources.	1	Les exemples incluent les chlorofluorocarbures (CFC) et les oxydes d’azote ( $\text{NO}_x$ ).
E.4.3	Discuter des produits de remplacement possibles des CFC sur la base de leurs propriétés.	3	Ces produits de remplacement comprennent les hydrocarbures, les fluorocarbures et les hydrofluorocarbures (HFC). Inclure la toxicité, l’inflammabilité, la fragilité relative de la liaison C-Cl et la capacité à absorber les radiations infrarouges.

## E5 L’oxygène dissous dans l’eau

1 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.5.1	Résumer la demande biochimique en oxygène (DBO) comme mesure de la quantité de déchets demandeurs en oxygène présents dans l’eau.	2	
E.5.2	Distinguer la décomposition <i>aérobie</i> et la décomposition <i>anaérobie</i> des matériaux organiques présents dans l’eau.	2	Dans la mesure du possible, utiliser les équations redox.
E.5.3	Décrire le processus d’eutrophisation et ses effets.	2	
E.5.4	Décrire la source et les effets de la pollution thermique de l’eau.	2	

## E6 Le traitement des eaux

2 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.6.1	Énumérer les principaux polluants présents dans les eaux usées et identifier leurs sources.	2	Les exemples envisagés incluent les métaux lourds, les pesticides, les dioxines, les biphényles polychlorés (BPC), les matières organiques, les nitrates et les phosphates. <b>Objectif global 7</b> : des banques de données et des tableurs peuvent être utilisés.
E.6.2	Résumer les stades primaire, secondaire et tertiaire du traitement des eaux usées et exprimer la substance qui est éliminée à chaque stade.	2	En ce qui concerne le premier stade du traitement, la filtration et la sédimentation doivent être envisagées. Pour le deuxième stade, mentionner l'utilisation d'oxygène et de bactéries (le procédé de la boue activée, par exemple). Inclure l'élimination des métaux lourds, des phosphates et des nitrates par des procédés chimiques ou biologiques.
E.6.3	Évaluer la méthode permettant d'obtenir de l'eau douce à partir d'eau de mer au moyen de la distillation par détentes successives (détentes multi-étages) et de l'osmose inverse.	3	

## E7 Le sol

2 h 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.7.1	Discuter des phénomènes de salinisation, d'épuisement des nutriments et de pollution des sols comme causes de la dégradation des sols.	3	Salinisation : elle résulte d'une irrigation constante des sols. Les eaux d'irrigation contiennent des sels qui se déposent après l'évaporation de l'eau. Dans les sols mal drainés, les sels ne sont pas entraînés et commencent à s'accumuler dans la couche arable. Les plantes ne peuvent pas pousser dans un sol trop salin. Épuisement des nutriments : l'agriculture rompt le cycle normal des nutriments dans le réseau trophique du sol lors des récoltes. Cela élimine tous les nutriments et les minéraux que les cultures ont absorbés pendant leur croissance. Les pratiques agricoles visant l'amélioration de l'épuisement des nutriments peuvent contribuer à polluer davantage l'environnement. Pollution des sols : elle est la conséquence de l'utilisation de produits chimiques tels que les pesticides et les engrais. Ces substances chimiques peuvent perturber le réseau trophique du sol, réduire la biodiversité et, en bout de ligne, épuiser le sol. Ces produits chimiques s'écoulent sur le sol vers les eaux de surface et traversent le sol pour polluer les eaux souterraines.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.7.2	Décrire la pertinence des <i>matières organiques des sols</i> (MOS) pour empêcher la dégradation des sols et résumer leurs fonctions physiques et biologiques.	2	<p>Le terme matières organiques des sols (MOS) est en général utilisé pour représenter les constituants organiques dans les sols, incluant les tissus végétaux et animaux intacts, leurs produits de décomposition partielle et la biomasse terrestre. Elles comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• des matières organiques identifiables, à masse moléculaire élevée (polysaccharides et protéines, par exemple) ;</li> <li>• des substances plus simples (sucres, acides aminés et autres petites molécules, par exemple) ;</li> <li>• des substances humiques.</li> </ul> <p>De façon générale, les fonctions des MOS peuvent être classées en deux groupes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologiques : elles fournissent une source de nutriments (P, N, S) et contribuent ainsi à la résilience du système sol-plante.</li> <li>• Physiques : elles améliorent la stabilité structurale, influencent le pouvoir de rétention d'eau et modifient les propriétés thermiques des sols.</li> </ul>
E.7.3	Énumérer les polluants organiques communs des sols et indiquer leurs sources.	1	<p>Les exemples proposés doivent inclure : hydrocarbures de pétrole, produits agrochimiques, composés organiques volatils (COV), solvants, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), biphényles polychlorés (BPC), composés organostanniques et composés organiques semi-volatils (en anglais, SVOC).</p> <p><b>Objectif global 7</b> : des banques de données et des tableaux peuvent être utilisés ici.</p>

## E8 Les déchets

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.8.1	Résumer et comparer les différentes méthodes d'élimination des déchets.	3	Les exemples incluent la mise en décharge et l'incinération.
E.8.2	Décrire le recyclage des métaux, du verre, des plastiques et du papier et résumer ses avantages.	2	
E.8.3	Décrire les caractéristiques et les sources des différents types de déchets nucléaires.	2	Inclure les déchets faiblement et hautement radioactifs.
E.8.4	Comparer les méthodes de stockage et d'élimination de différents types de déchets nucléaires.	3	

**NS E9 La diminution de la couche d'ozone**

1 heure

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.9.1	Expliquer que la dissociation de O <sub>2</sub> et de O <sub>3</sub> dépend de la longueur d'onde de la lumière.	3	$\lambda = 242 \text{ nm}$ $\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{O}\cdot$ $\lambda = 330 \text{ nm}$ $\text{O}_3 \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}\cdot$ L'énergie nécessaire devrait être mise en relation avec les types de liaison dans O <sub>2</sub> et O <sub>3</sub> .
E.9.2	Décrire le mécanisme de la catalyse de la destruction de O <sub>3</sub> par les CFC et les NO <sub>x</sub> .	2	Par exemple : $\text{CCl}_2\text{F}_2 \longrightarrow \text{CClF}_2 + \text{Cl}\cdot$ $\text{Cl}\cdot + \text{O}_3 \longrightarrow \text{ClO}\cdot + \text{O}_2$ $\text{ClO}\cdot + \text{O}\cdot \longrightarrow \text{O}_2 + \text{Cl}\cdot$ et $\text{NO} + \text{O}_3 \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ $\text{NO}_2 + \text{O}\cdot \longrightarrow \text{NO} + \text{O}_2$ L'effet global est : $\text{O}_3 + \text{O}\cdot \longrightarrow 2\text{O}_2$
E.9.3	Résumer les raisons pour lesquelles la diminution de la couche d'ozone est plus importante dans les régions polaires.	2	Considérer la variation saisonnière de la température dans les couches supérieures de l'atmosphère. Évoquer le phénomène de catalyse de surface auquel donnent lieu les particules de glace.

**NS E10 Le brouillard photochimique (smog)**

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.10.1	Exprimer la source des polluants primaires et les conditions nécessaires pour la formation du brouillard photochimique (smog).	1	Les COV et les NO <sub>x</sub> , l'inversion thermique, l'absence de vent, et les villes en forme de cuvettes doivent être discutés.
E.10.2	Résumer la formation de polluants secondaires dans le brouillard photochimique (smog).	2	Les exemples envisagés incluent NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , les aldéhydes et les nitrates de peroxyacétyle (NPA). Il faut insister sur le rôle des radicaux libres et du rayonnement solaire. <b>Objectif global 7 :</b> les techniques du SIG à trois et à quatre dimensions et des banques de données peuvent être utilisées.

**NS E11 Les dépôts acides**

1 heure

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.11.1	Décrire le mécanisme des dépôts acides causés par les oxydes d'azote et les oxydes de soufre.	2	Formation des radicaux hydroxyle : $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_3 \longrightarrow 2\text{HO}\cdot + \text{O}_2$ ou $\text{H}_2\text{O} + \text{O}\cdot \longrightarrow 2\text{HO}\cdot$ $\text{HO}\cdot + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{HNO}_3$ $\text{HO}\cdot + \text{NO} \longrightarrow \text{HNO}_2$ $\text{HO}\cdot + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{HOSO}_2\cdot$ $\text{HOSO}_2\cdot + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HO}_2\cdot + \text{SO}_3$ $(\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4)$
E.11.2	Expliquer le rôle de l'ammoniac dans les dépôts acides.	3	Dans l'atmosphère, l'ammoniac neutralise en grande partie les acides formés pour produire des sels d'ammonium. Les sels d'ammonium légèrement acides, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ et $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , synthétisés dans l'atmosphère, descendent vers le sol ou sont éliminés de l'atmosphère par la pluie. Lorsque $\text{NH}_4^+$ se dépose et pénètre dans le sol, la nitrification et l'acidification peuvent se produire : $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

**NS E12 L'eau et le sol**

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.12.1	Résoudre des problèmes en lien avec l'élimination de l'eau d'ions de métaux lourds, de phosphates et de nitrates par précipitation chimique.	3	Étant donné l'équilibre établi entre un métal M et un non-métal X : $\text{MX}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{M}^+(\text{aq}) + \text{X}^-(\text{aq})$ Pour ce système, on obtient $K_{\text{eq}}$ par la relation $K_{\text{ps}} = [\text{M}^+][\text{X}^-]$ , appelée constante de produit de solubilité. Les élèves doivent être capables de résoudre des problèmes en lien avec ce type d'équilibre, y compris l'effet d'ion commun.
E.12.2	Exprimer ce que signifie le terme <i>capacité d'échange cationique</i> (CEC) et résumer son importance.	2	La quantité de cations échangeables dans l'argile est appelée <i>capacité d'échange cationique</i> . Dans la mesure du possible, utiliser les équations.
E.12.3	Discuter des effets du pH du sol sur la capacité d'échange cationique et sur la disponibilité des nutriments.	3	Les exemples de nutriments envisagés incluent Ca, Mg, Fe, Al, P, N, S, Cu et Zn. Dans la mesure du possible, inclure les équations.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
E.12.4	Décrire les fonctions chimiques des matières organiques des sols (MOS).	2	<p>Inclure les fonctions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elles contribuent à la capacité d'échange cationique ;</li> <li>• elles augmentent la capacité des sols à tamponner les changements de pH ;</li> <li>• elles se lient à des composés organiques et inorganiques présents dans le sol ;</li> <li>• elles réduisent les effets négatifs sur l'environnement des pesticides, des métaux lourds et d'autres polluants en se liant aux contaminants ;</li> <li>• elles forment des complexes stables avec les cations.</li> </ul>

## Option F – Chimie alimentaire (15/22 heures)

La chimie alimentaire est l'étude de la composition et des propriétés des aliments, des modifications chimiques qu'ils subissent pendant les manipulations, les transformations et l'entreposage, ainsi que des principes à la base de l'amélioration des aliments. L'objectif de cette option est de fournir aux élèves une compréhension de la chimie de molécules importantes dans les aliments et de la contribution que la chimie a apportée (et continue à apporter) au maintien et à l'amélioration de la qualité des aliments, à la baisse de leur coût, à la suffisance des approvisionnements alimentaires et à la sécurité alimentaire. Les élèves devront être capables de reconnaître quelques structures importantes et groupements fonctionnels d'intérêt et devront être capables de les distinguer. Il n'est pas nécessaire de mémoriser des formules complexes étant donné que des exemples de structures de quelques molécules alimentaires importantes sont fournis dans le *Recueil de données de chimie*. Les enseignants sont encouragés à adopter une approche contextuelle et à susciter chez les élèves une prise de conscience des questions locales et internationales.

**Tronc commun :** les sujets F1 à F6 constituent le tronc commun pour le NM et le NS (15 heures).

**Compléments :** les sujets F7 à F10 constituent les compléments pour le NS seulement (7 heures).