

Annexe 1

## **Programme de chimie, biologie et physiopathologie humaines de terminale ST2S**

---

### Sommaire

#### **Préambule du programme**

Objectifs de formation

Organisation

#### **Chimie**

Chimie et enjeux contemporains

Chimie et démarche scientifique

Entrées thématiques

Contenus d'enseignement

#### **Biologie et physiopathologie humaines**

Objectifs et enjeux de cet enseignement

Compétences visées

Présentation du programme de la classe terminale

Contenus d'enseignement

## Préambule du programme

### Objectifs de formation

- **Une formation scientifique pour une citoyenneté responsable**

La première ambition du programme est de contribuer à donner aux élèves une formation scientifique ancrée dans les domaines du vivant et de la santé. L'approche en est délibérément caractérisée par une contextualisation forte et une sensibilisation aux enjeux de société contemporains. Ainsi, les apports de la chimie et de la biologie et physiopathologie humaines se complètent pour converger vers des problématiques couvrant notamment les secteurs de la santé, de l'alimentation, de l'environnement, etc. La formation scientifique vise à l'acquisition d'une meilleure connaissance des besoins vitaux de l'être humain et des liens avec son environnement. À cet égard, la formation contribue à l'élaboration d'un point de vue critique et éclairé sur l'information qui est donnée au citoyen, en luttant contre les représentations et les croyances infondées et en privilégiant l'analyse et le raisonnement scientifique.

- **Une formation scientifique adaptée à une poursuite d'études**

La seconde ambition du programme est de préparer la poursuite d'études pour favoriser, à terme, une insertion professionnelle réussie dans les secteurs du social et de la santé, voire de l'environnement et des soins à la personne. Les notions et les contextes retenus éclairent les élèves sur les défis de société et les enjeux des développements actuels et futurs dans les domaines du vivant, de la santé et de l'environnement. Cet enseignement permet à chaque élève de découvrir le fondement scientifique de certains domaines professionnels et de préciser ses vœux d'orientation au regard des compétences exigées pour une poursuite d'études dans des filières variées appartenant aux secteurs évoqués ci-dessus.

L'enseignement de spécialité poursuit la construction, engagée en classe de première, de compétences variées chez l'élève : compétences scientifiques développées par les démarches scientifique et technologique appliquées à la maîtrise des notions et contenus du programme, compétences d'autonomie, d'initiative et d'esprit critique, compétences de communication écrite et orale, compétences sociales et organisationnelles requises par le travail en équipe et le respect des règles de sécurité.

Cet enseignement de spécialité s'articule également avec celui de sciences et techniques sanitaires et sociales, afin de permettre aux élèves d'appréhender dans leur complexité les questions de société relatives à la santé et au bien-être. L'approche interdisciplinaire de ces deux enseignements de spécialité constitue un atout pour les élèves qui les suivent, en particulier au regard des attendus des formations de l'enseignement supérieur auxquelles ils peuvent prétendre et de leur insertion sociale et professionnelle future.

### Organisation

- **Deux parties pour décliner les objectifs de formation**

Le programme est conçu en deux parties, Chimie et Biologie et physiopathologie humaines, qui déclinent les objectifs de la formation scientifique et technologique. Si les contours de ces deux parties sont indépendants, certains contextes d'étude convergent autour de questions liées au vivant, à la santé et à l'environnement, leurs traitements respectifs se complétant sur l'ensemble du cycle terminal. Cet aspect interdisciplinaire constitue un point d'originalité du programme. L'interdisciplinarité s'impose devant l'exigence d'appréhender des problèmes complexes et multifformes. Cette culture interdisciplinaire s'exprime aussi par les liens que l'enseignement établit avec les perspectives de développement et la recherche scientifique afin de relever les défis de notre temps.

- **Temps dédié respectivement à chacune des deux parties**

L'enseignement de spécialité de chimie-biologie et physiopathologie humaines a la particularité de reposer sur des expertises disciplinaires distinctes mais complémentaires.

Le programme a été conçu, dans sa partie Chimie, pour une durée hebdomadaire de trois heures et, dans sa partie Biologie et physiopathologie humaines, pour une durée hebdomadaire de cinq heures.

- **L'enseignement de spécialité dans l'épreuve orale terminale**

L'épreuve orale terminale prend appui sur l'enseignement de spécialité de sciences et techniques sanitaires et sociales : elle sollicite la démarche qui caractérise cet enseignement pour examiner une question de santé ou sociale contextualisée où l'élève est par exemple amené à :

- questionner, explorer un fait, une question sociale ou de santé ;
- recueillir les éléments nécessaires à son projet : recherche documentaire, mobilisation des bases spécifiques au domaine ; recueil et analyse de données ; identification, voire prise de contact avec les structures du champ santé-social ; repérage des politiques de santé / sociales en lien avec l'objet étudié ;
- ajuster, adapter sa démarche ;
- mener l'étude du besoin repéré et se projeter dans une démarche de projet possible, ou analyser la démarche de projet menée par une/des structures du champ santé-social.

Selon le thème du projet, les acquis de l'enseignement de spécialité de chimie-biologie et physiopathologie humaines sont éventuellement mobilisés.

Les professeurs s'attachent à développer chez les élèves les compétences liées à l'analyse, au jugement distancié, ainsi que les compétences de communication écrite et orale qui sont attendues dans l'explicitation et l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à cet enseignement de spécialité.

## Chimie

### Chimie et enjeux contemporains

L'enseignement de chimie en classe terminale participe à la sensibilisation à la santé et à la citoyenneté en s'appuyant sur des problématiques scientifiques contemporaines.

Il met d'abord l'accent sur les aspects de la détection, de l'analyse et de la conformité à des normes, pour une amélioration de la sécurité dans les domaines de la santé et de l'environnement. Les études de cas incluent notamment la détection de substances illicites dans l'organisme et le contrôle de la qualité dans les aliments, l'eau et l'air.

L'explicitation des performances de l'analyse des structures par imagerie médicale et de l'analyse chimique des milieux biologiques, aquatiques et atmosphériques permet de former à la démarche de diagnostic et de sensibiliser aux différents défis à relever dans les domaines de la santé et de l'environnement.

L'information sur la composition chimique d'un produit de consommation et la compréhension des liens entre structure moléculaire et activité contribuent à développer la culture d'une consommation réfléchie d'aliments, de médicaments et de produits cosmétiques, et à envisager des perspectives de synthèse de substances plus performantes selon les principes de la chimie verte.

### Chimie et démarche scientifique

La démarche scientifique est au cœur de l'enseignement de la chimie, pour une meilleure compréhension des lois universelles. Elle met l'accent sur l'analyse des informations qualitatives et des données quantitatives tout en évitant les aspects calculatoires excessifs. Elle permet la compréhension des phénomènes par l'expérimentation, l'usage éclairé de modèles simples, la vérification de lois simples, le raisonnement déductif ou prospectif. Les capacités exigibles de la démarche scientifique décrites dans le programme de physique-chimie pour la santé en classe de première sont de nouveau sollicitées.

Un soin est apporté à la présentation des unités et des ordres de grandeur, et à la maîtrise de notions mathématiques et numériques simples (proportionnalité, fonctions, simulation, etc.). L'enseignement vise également à renforcer la sensibilisation de l'élève, à partir d'exemples simples et pertinents, à la fluctuation des valeurs obtenues dans le cadre d'une série de mesures d'une grandeur physique indépendantes les unes des autres, en tenant compte de l'incertitude-type. La comparaison à une valeur de référence, notamment dans le domaine sanitaire, aiguise l'esprit critique autour de la mesure. Le choix du protocole est également au cœur de la formation portée par les activités expérimentales.

Pour construire les compétences attendues, différentes pratiques pédagogiques sont mises en œuvre, conjuguant l'exposé, l'activité expérimentale, l'approche documentaire, la question ouverte, etc. Les notions et contenus du programme sont présentés dans le contexte de la vie quotidienne et de l'actualité de la société, et dans la perspective de la recherche et du développement. La formation met tout particulièrement l'accent sur les perspectives d'innovation scientifique dans des domaines tels que le contrôle et la gestion de la composition des milieux biologiques et naturels, la qualité des aliments, les médicaments et cosmétiques du futur. Cette sensibilisation poursuit le double objectif d'adapter la formation aux enjeux de culture scientifique contemporaine et de susciter une ambition de poursuite d'études.

### Entrées thématiques

Les trois thèmes structurant l'enseignement de physique-chimie pour la santé en classe de première sont reconduits dans l'enseignement de chimie en classe terminale, selon une

déclinaison nouvelle des parties thématiques et des questions. Chaque partie thématique est présentée sous la forme d'un tableau qui explicite les notions et les contenus, éclairés par les connaissances et les capacités exigibles. Celles-ci intègrent notamment le domaine expérimental, dont les activités sont signalées par des italiques dans les tableaux. La liberté pédagogique du professeur s'exerce dans le respect du cadre défini par la colonne « Connaissances et capacités exigibles ». Les notions et contenus, notamment lorsqu'ils relèvent des sciences du vivant, sont abordés sous l'angle des principes physico-chimiques pour favoriser la transversalité et la complémentarité avec les enseignements de biologie et physiopathologie humaines. Chacun des thèmes précise les aspects scientifiques et de contexte, ainsi que les perspectives et les défis dans les domaines de la recherche et du développement.

## Contenus d'enseignement

- **Thème 1 : Prévenir et sécuriser**

Le thème 1 vise à développer la sensibilisation à la prévention et à la sécurisation. Il atteste l'attention croissante portée à l'amélioration de la connaissance et de la gestion du risque sanitaire dans l'alimentation et dans l'environnement.

### La sécurité routière

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment une transformation chimique permet-elle de gonfler un airbag/coussin gonflable ?</b>	
Bilan de matière Volume molaire $V_m$ .	<i>Mettre en œuvre un protocole de mesure d'un volume de gaz produit lors d'une transformation chimique.</i> Faire un bilan de matière à partir d'une équation de réaction fournie. Utiliser la relation $V = n \times V_m$ . S'approprier et analyser des informations pour expliquer le fonctionnement d'un airbag.
<b>Comment la présence d'alcool et de substances illicites dans l'organisme est-elle détectée ?</b>	
Principe de l'alcootest.	<i>Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction intervenant dans un alcootest à partir des demi-équations d'oxydo-réduction fournies.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole illustrant le principe de l'alcootest.</i> <i>S'approprier et analyser des informations relatives à la détection d'une substance illicite.</i>

### La sécurité physico-chimique dans l'alimentation

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment la dégradation des aliments peut-elle être ralentie ?</b>	
Oxydation et dégradation des aliments. Dégradation des lipides : hydrolyse des triglycérides. Conservation alimentaire : procédés physiques et procédés chimiques.	<i>À partir d'exemples de la vie quotidienne (brunissement d'un fruit, rancissement du beurre, caillage d'un lait, etc.), mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'identifier quelques facteurs favorisant la dégradation alimentaire (dioxygène de l'air, température, lumière, microorganismes, etc.) et de comparer leur influence.</i> À partir de l'évolution au cours du temps de la quantité d'acide gras, analyser la qualité alimentaire d'une huile, d'une graisse ou d'un beurre.
Applications industrielles : chaîne de fabrication alimentaire, transport, stockage.	À partir de documents relatifs à une ou deux techniques de conservation, identifier les facteurs physico-chimiques intervenant : antioxydants, emballage, élimination de l'eau, utilisation de la chaleur, baisse de température, atmosphère contrôlée, rayonnements, conservateurs chimiques, etc. Distinguer la conservation par procédé physique de la conservation par procédé chimique.
<b>Comment la qualité chimique des aliments est-elle repérée ?</b>	
Contrôle de la qualité nutritionnelle d'un aliment par dosage. Doses toxicologiques de référence : DJA (dose journalière admissible) ou DJT (dose journalière tolérable)	<i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer la fraîcheur d'un lait conformément aux normes de santé publique.</i> Analyser et interpréter des résultats de tests de détection ou de dosages mettant en évidence la présence dans les aliments de substances potentiellement dangereuses au-delà d'un seuil identifié. Définir les doses de référence (DJA, DJT) et effectuer des calculs à partir de celle-ci.

### La sécurité chimique dans l'environnement

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment la qualité de l'eau est-elle contrôlée ?</b>	
Solubilité de substances ioniques dans l'eau. Conductivité d'une eau et d'une solution aqueuse ionique. Concentration ionique en masse.	Expliquer la solubilité des composés ioniques dans l'eau. Interpréter qualitativement la conductivité de l'eau pure, d'une eau en milieu naturel, d'une solution aqueuse ionique, en lien avec sa composition ionique. Distinguer l'usage d'une eau distillée de celui d'une eau déminéralisée (désionisée). <i>Mettre en œuvre des mesures de conductivité montrant</i>

<p>Concentration ionique en quantité de matière. Composition d'une eau. Équivalence d'un dosage par titrage.</p>	<p><i>l'influence des espèces ioniques en solution et de leur concentration en quantité de matière.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique (sulfate, nitrate, ion métallique, etc.) présente dans une eau. Interpréter qualitativement l'allure d'une courbe de dosage conductimétrique. Repérer et exploiter l'équivalence.</i></p> <p>Extraire et exploiter des informations concernant les critères physico-chimiques de la potabilité d'une eau.</p> <p>Extraire et exploiter des informations relatives aux effets des activités humaines sur la qualité chimique de l'eau dans les milieux aquatiques et marins, en s'appuyant sur quelques paramètres (salinité, pH, température, gaz dissous, hydrocarbures, matières plastiques, etc.).</p>
<p><b>Comment la qualité de l'air est-elle caractérisée ?</b></p>	
<p>Fraction molaire et pourcentage molaire. Composition de l'air.  Déficit en dioxygène. Loi du gaz parfait. Fixation du monoxyde de carbone sur l'hémoglobine.  L'ozone, protecteur et dangereux à la fois.  Gaz à effet de serre.</p>	<p>Exprimer la composition de l'air par les fractions molaires ou les pourcentages molaires et interpréter ces données.</p> <p><i>Proposer des tests chimiques mettant en évidence la présence des gaz CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre un protocole montrant la proportion de dioxygène dans l'air.</i></p> <p>Utiliser la loi du gaz parfait dans le cas de l'utilisation d'une bouteille de gaz de dioxygène.</p> <p>Analyser des informations relatives aux risques d'inhalation de monoxyde de carbone.</p> <p>Décrire le principe d'action du monoxyde de carbone sur l'hémoglobine.</p> <p>Connaître la formule brute de la molécule d'ozone.</p> <p>Distinguer le rôle protecteur de l'ozone de son caractère nocif en fonction du contexte.</p> <p>Définir un gaz à effet de serre (GES). S'informer sur l'origine de quelques GES et sur leurs incidences respectives sur le climat.</p>
<p><b>Comment les polluants de l'air et de l'eau sont-ils gérés ?</b></p>	
<p>Les macropolluants et micropolluants organiques et inorganiques d'une eau. Les polluants primaires et secondaires de l'air.  Dépollution par adsorption sur charbon actif et oxydation par l'ozone.</p>	<p>Différencier un macropolluant d'un micropolluant.</p> <p>Différencier un polluant primaire d'un polluant secondaire.</p> <p>Déterminer, à partir d'une analyse documentaire, les origines domestique, industrielle, agricole ou médicale de quelques polluants parmi les solvants, pesticides, phytosanitaires et cosmétiques, nano-objets dont métaux lourds, microplastiques, déjections animales, composés gazeux dont gaz à effet de serre (GES), fumées, hormones, médicaments, etc.</p> <p><i>Mettre en œuvre une expérience d'adsorption sur charbon actif.</i></p> <p>Analyser l'efficacité d'un procédé de dépollution.</p>

## Commentaires

### Ouvertures et limites

Le thème 1 prolonge l'étude des applications de la réactivité chimique déjà rencontrée en classe de première. L'oxydo-réduction est au cœur de la compréhension de l'alcootest comme du phénomène de dégradation des aliments. L'étude de la détection d'alcool dans le cadre de la sécurité routière s'ouvre à d'autres cas de détection de substances illicites et dangereuses qui mettent en péril la sécurité des personnes ; les exemples sont choisis librement, sans exhaustivité. À propos de la sécurité dans l'alimentation, la schématisation de l'action chimique du brunissement enzymatique est présentée en précisant le nom des espèces chimiques mises en jeu sans que soit pour autant attendue la connaissance de leurs formules chimiques.

Le contrôle de la qualité de l'air et de l'eau effectué pour vérifier la sécurité dans l'environnement se décline selon des contextes variés : peuvent notamment être abordées, sans exhaustivité, la combustion d'un appareil de chauffage défectueux, la présence de monoxyde de carbone dans la fumée de cigarette, les conséquences du trou de la couche d'ozone ou de son accumulation dans la troposphère. Aucun développement autour de la combustion incomplète n'est exigé. La loi des gaz parfaits est utilisée sans excès théorique ni calculatoire. L'électronégativité est présentée sans formalisme, pour expliquer l'origine de la polarité de l'eau dont découlent les propriétés de solvant polaire.

L'étude de la composition ionique d'une eau vise à éclairer l'origine de la solubilité des composés ioniques dans l'eau et à présenter la notion de conductivité dont on déduit les précautions qu'il faut prendre pour éviter une électrocution et, plus largement, les analyses à mener pour prévenir et sécuriser.

La relation de Kohlrausch  $\sigma = \sum_i \lambda_i c_i |z_i|$  n'est pas au programme. On commente seulement qualitativement la relation simplifiée  $\sigma = \sum_i a_i c_i$  où  $a_i$  est une constante qui dépend de la nature de l'ion. Tout développement calculatoire est hors-programme.

La présentation des types de polluants ne donne pas lieu à une liste exhaustive mais vise à susciter la réflexion des élèves sur l'origine et la gestion des polluants, et à les sensibiliser aux défis à relever : défis de société liés aux modes de production et de consommation humains, défis scientifiques et techniques liés à la recherche de solutions plus performantes et plus sûres. Cette initiation suppose également qu'une attitude responsable soit adoptée en salle d'activité expérimentale : elle se manifeste par le tri des déchets et par le respect de précautions adéquates réglementaires ou de bon sens. La liberté pédagogique est laissée au professeur dans le choix des exemples de techniques de piégeage de polluants ; leur description sommaire met en exergue le principe physico-chimique et contribue à la culture générale des élèves.

### Perspectives

La prévention pour garantir la sécurité s'inscrit dans une démarche adossée aux progrès de la recherche scientifique, à laquelle il convient de sensibiliser les élèves. L'une de ses ambitions est d'augmenter la performance des méthodes analytiques pour un meilleur contrôle qualité. Une autre ambition est d'améliorer les procédés en prenant en compte le concept de cycle de vie – qui permet de diminuer les déchets – et les pollutions, tout en économisant la matière et l'énergie. Le défi de diminuer la production de gaz à effet de serre s'inscrit dans la problématique complexe de la lutte contre le réchauffement climatique. Enfin, la recherche scientifique ouvre la voie de la chimie d'intervention qui, par la synthèse d'aliments, entend relever le défi de nourrir l'humanité en répondant aux besoins quantitatifs et qualitatifs.



• **Thème 2 : Analyser et diagnostiquer**

Le thème 2 invite à réfléchir au défi à relever dans l'analyse des milieux biologiques et naturels. L'objectif est d'augmenter la fiabilité d'un diagnostic, dans le cadre de la prévention ou du soin. La connaissance scientifique de la structure et de la composition de la matière est adossée à l'utilisation de méthodes et de technologies, au cœur de l'analyse. Le diagnostic s'appuie sur la conformité à des normes ou à des critères.

**L'observation de la structure de la matière par imagerie médicale**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment un écoulement sanguin est-il analysé ?</b>	
L'effet Doppler. L'échographie Doppler.	Calculer le temps de parcours séparant l'émission et la réception d'un ultrason. <i>Mettre en œuvre un protocole illustrant le principe de l'échographie.</i> Connaître le principe d'une échographie Doppler. Identifier une anomalie cardiaque à partir d'une analyse sommaire d'une échographie Doppler.
<b>Comment l'interaction entre la matière et les rayons X contribue-t-elle au diagnostic médical ?</b>	
Caractérisation d'une onde électromagnétique : milieu de propagation, vitesse de propagation, fréquence et longueur d'onde. Domaines des ondes électromagnétiques. Radiographie : influence du numéro atomique sur l'absorption des rayons X.	Distinguer les caractéristiques des ondes électromagnétiques de celle d'un ultrason. Positionner, sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence, le domaine des rayons X. Connaître et utiliser la relation entre fréquence et longueur d'onde. Connaître le principe de la radiographie et interpréter un cliché radiographique. Exploiter des documents pour comparer les spécificités d'une radiographie et d'une radiothérapie.
<b>Comment les produits de contraste améliorent-ils la performance de l'imagerie médicale ?</b>	
Produit de contraste pour l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Élimination d'un produit de contraste.	Identifier les groupes fonctionnels dans un produit de contraste. Savoir qu'un produit de contraste améliore la visualisation d'un cliché d'imagerie médicale et que sa durée d'élimination est un critère de choix. Repérer, sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence, le domaine des radiofréquences utilisées pour l'IRM.

<b>Comment les marqueurs radioactifs sont-ils utilisés en imagerie médicale ?</b>	
Noyau atomique, isotopes. Radioactivité ; émission $\alpha$ , $\beta^-$ , $\beta^+$ , $\gamma$ . Activité (Bq), activité par unité de masse corporelle (MBq/kg), dose (Sv). Période ou demi-vie radioactive. Marqueurs radioactifs pour imagerie médicale.	Décrire la composition du noyau d'un atome et identifier des isotopes. À partir d'une équation de désintégration fournie, identifier la nature de l'émission radioactive. Repérer sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence le domaine des rayonnements $\gamma$ . Définir la période d'un radio-isotope et la déterminer graphiquement. À partir de documents, comparer les spécificités de l'usage de marqueurs (nature, cible, dose, durée d'élimination par l'organisme, etc.) et les champs d'application des techniques d'imagerie médicale pouvant utiliser un marqueur radioactif, telles que la radiographie, la scintigraphie ou la tomographie par émission de positon. Comparer qualitativement les doses utilisées en médecine nucléaire diagnostique et en radiothérapie nucléaire. Connaître les précautions d'emploi d'une source radioactive en milieu médical.

**L'analyse chimique pour le contrôle de la composition des milieux biologiques et naturels**

<b>Notions et contenus</b>	<b>Connaissances et capacités exigibles</b> <b>Activités expérimentales support de la formation</b>
<b>Sur quels principes chimiques sont fondées les analyses médicales ?</b>	
Soluté moléculaire ou ionique. Dissolution. Concentrations en masse et en quantité de matière. Dilution. Usage des rayonnements du spectre visible dans le cadre d'un dosage. Dosage par étalonnage.	Écrire l'équation de dissolution d'un soluté ionique à partir de la donnée de la formule des ions constituant le soluté. Déterminer les concentrations en masse et en quantité de matière d'une espèce dissoute ; exploiter ces concentrations dans le cadre d'une application médicale (dose à administrer, par exemple). Calculer la masse ou le volume de soluté à prélever pour la dissolution. <i>Proposer et mettre en œuvre un protocole de dissolution ou de dilution pour préparer une solution de concentration en quantité de matière ou de concentration en masse donnée pour un soluté moléculaire ou ionique.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour identifier une espèce colorée en solution.</i> <i>Pratiquer une démarche expérimentale (dosage par étalonnage et/ou spectrophotométrie) de détermination de la concentration d'une espèce : glucose, fer, cuivre, etc.</i>

	Interpréter le résultat d'une analyse médicale au regard des normes.
<b>Quels enjeux sanitaires sont révélés par l'analyse de la composition des milieux naturels ?</b>	
Effet d'un polluant chimique sur la santé.	Analyser des données sur la dangerosité des polluants. Commenter les perspectives en matière de recherche et de développement pour améliorer la détection des polluants, et limiter leur présence.
Traçabilité d'une substance en milieu biologique ou naturel.	Commenter et analyser des documents relatifs aux flux d'une substance, à sa traçabilité ou au processus de sa bioaccumulation.
Effet temporel d'une exposition.	Interpréter une courbe d'évolution cinétique d'une substance.
Doses, faibles doses et réglementation.	Interpréter les mesures prises en lien avec la réglementation sur les doses, notamment les faibles doses dans les rejets secondaires.
Acidification d'une eau par dissolution du dioxyde de carbone ou du dioxyde de soufre.	Analyser des données chimiques relatives à l'acidification des océans et aux conséquences sur la biodiversité à partir des couples acido-basiques $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ . Expliquer l'acidité de certaines pluies résultant de l'hydratation des gaz $\text{CO}_2$ et $\text{SO}_2$ à partir des couples acido-basiques mis en jeu. <i>Mettre en œuvre un protocole montrant l'acidification d'une solution par dissolution de dioxyde de carbone.</i>

## Commentaires

### Ouvertures et limites

Le thème 2 aborde pour l'essentiel le milieu vivant de l'être humain, et ce dans l'objectif de comprendre les démarches et techniques du diagnostic de santé. Visant à mieux connaître la composition de la matière, l'imagerie médicale s'appuie sur les applications à l'échographie, la radiographie, l'IRM ou la scintigraphie qui peuvent être associées à la tomодensitométrie (scanner) ou à la tomographie, sans exclure d'autres possibilités. À cet égard, les développements calculatoires à propos de l'effet Doppler restent modestes. Par ailleurs, l'analyse chimique effectuée pour contrôler la composition des milieux biologiques en vue d'exprimer un diagnostic et de proposer un traitement trouve ses applications dans le domaine de l'analyse sanguine mais aussi, sans exhaustivité, de l'urine, de la salive, etc. La traçabilité, la durée de vie d'une substance toxique ou l'élimination d'un produit de contraste peuvent mobiliser sans formalisme complexe des notions de cinétique chimique. La technique de spectrophotométrie est présentée sans développement excessif, en vue de réaliser une activité expérimentale. La notion de radioactivité est présentée dans le but de distinguer les types d'émissions de particules et de rayonnements rencontrés en médecine nucléaire et de sensibiliser à ses fonctions diagnostiques, notamment à travers le recours à la scintigraphie ou à la tomographie par émission de positons (TEP). L'écriture d'une équation de désintégration radioactive n'est pas exigible : seules sont attendues la connaissance des émissions et la capacité d'identifier ces émissions à partir d'une équation de désintégration fournie. Cette partie se prête à illustration par des exemples tels que  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{90}\text{Y}$ , dont on peut citer la spécificité selon les organes étudiés. La dose et l'activité par unité de masse corporelle ne doivent pas donner lieu à des

développements calculatoires mais à des commentaires critiques, par exemple au sujet de la comparaison de normes, ou à une mise en perspective des aspects thérapeutiques en radiothérapie à côté des aspects diagnostiques.

L'étude du thème 2 élargit la démarche d'analyse à d'autres milieux : l'objectif est de pouvoir établir des diagnostics diversifiés en fonction des milieux naturels, par exemple sur l'acidité de certaines pluies et sur l'acidification des océans, qui conditionnent la santé de la faune et de la flore dans ces milieux. L'interprétation de ces phénomènes prend appui sur l'observation de la réactivité chimique, notamment dans le domaine de l'acido-basicité déjà rencontrée en classe de première.

### Perspectives

Le défi scientifique porté par le thème 2 est fortement dépendant des résultats de la recherche scientifique, dont les liens avec l'enseignement peuvent être aisément tissés. La recherche ouvre en effet la perspective d'une imagerie médicale plus performante et plus sûre, permet d'améliorer les techniques d'analyse pour une meilleure traçabilité des substances chimiques. Elle rend de plus en plus explicite la relation causale entre contamination chimique et effet biologique, quantifie de plus en plus finement l'acceptabilité du risque et développe la connaissance des effets temporels d'accumulation et d'élimination.

Des exemples peuvent illustrer ces aspects prospectifs, sans développement excessif ni exhaustivité. Ainsi peuvent être évoqués certains aspects environnementaux liés à la dissolution des coques calcaires de certains animaux marins ou aux rejets d'hormones dans les eaux : ces problèmes peuvent trouver leurs solutions dans les avancées de la recherche.

### • Thème 3 : Faire des choix autonomes et responsables

Le thème 3 met l'accent sur la démarche du citoyen, notamment sur les choix éclairés qu'il fait dans sa consommation pour préserver sa santé. Les situations, choisies de manière opportune, relient la connaissance scientifique à la réflexion du consommateur. L'objectif est de donner une culture générale scientifique et de susciter l'esprit critique, l'autonomie et la responsabilisation.

#### Le rôle des biomolécules et des oligoéléments dans l'organisme pour une alimentation responsable

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment la structure chimique des protéines détermine-t-elle leur action ?</b>	
Structure et stéréochimie des acides aminés. Carbone asymétrique. Représentation spatiale. Chiralité, énantiomérisation.  Peptides et liaison peptidique.	Définir un acide $\alpha$ -aminé. Reconnaître quelques groupes caractéristiques dans les formules de certains acides aminés. Définir un atome de carbone asymétrique, savoir le repérer dans une molécule. <i>Utiliser des modèles moléculaires ou un logiciel de simulation.</i> Énoncer la propriété de chiralité. Identifier deux énantiomères à l'aide des représentations de Cram et de Fischer. Connaître la nomenclature D et L d'un acide $\alpha$ -aminé. Écrire l'équation de la réaction de condensation entre deux acides $\alpha$ -aminés et donner le nom des dipeptides susceptibles de se former. Repérer la liaison peptidique. Retrouver les formules des acides aminés constituant un peptide.

Structure tridimensionnelle des protéines.	Exploiter des documents sur le lien entre structure tridimensionnelle et action des protéines dans l'organisme.
<b>Comment la structure des lipides influe-t-elle sur la santé ?</b>	
Structure d'un acide gras. Triglycérides. Hydrolyse et saponification des triglycérides.  Un exemple de stérol : le cholestérol.	Distinguer les acides gras saturés et insaturés. Donner la définition d'un triglycéride. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse et de saponification d'un triglycéride. Faire un bilan de matière. Calculer un rendement. <i>Mettre en œuvre un protocole de saponification d'un corps gras.</i> Extraire des informations sur les propriétés comparées de corps gras alimentaires telles que la dégradation à la chaleur. Analyser les liens entre structure des acides gras et les effets sur la santé. Analyser la structure du cholestérol et commenter ses propriétés de solubilité en lien avec son transport dans le corps.
<b>Quelles sont les doses de vitamines et d'oligoéléments nécessaires à l'être humain ?</b>	
Eau, transporteur de nutriments. Vitamines et oligoéléments.	Comparer les structures moléculaires des vitamines A, C et D pour définir leurs propriétés liposolubles ou hydrosolubles. Interpréter des informations relatives au déséquilibre ionique consécutif à une déshydratation. Interpréter sommairement un ionogramme sanguin. Relier le caractère liposoluble ou hydrosoluble d'une vitamine au besoin journalier. <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en évidence la solubilité des vitamines.</i> <i>Mettre en œuvre un dosage par titrage pour déterminer la teneur en vitamine C d'un aliment ou d'un médicament.</i>
<b>Comment les additifs alimentaires influencent-ils les choix de consommation ?</b>	
Colorants alimentaires. Texturants alimentaires. Arômes alimentaires.	Extraire, à partir de documents, des informations sur les colorants et les texturants alimentaires E : couleur, autorisation, effets connus, etc. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour identifier et doser par étalonnage un colorant alimentaire.</i> Analyser des informations concernant les arômes naturels et de synthèse.

### De la molécule au médicament

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment l'histoire du médicament s'appuie-t-elle sur la structure moléculaire ?</b>	
La chimie du médicament au XXe siècle.	Commenter l'origine naturelle et la structure d'une molécule active d'un médicament marquant les avancées spectaculaires au XXe siècle.
<b>Comment s'oriente la recherche pour de nouveaux médicaments du futur ?</b>	
Les nanomédicaments. Les médicaments hybrides.	Rédiger un commentaire argumenté à partir de documents décrivant les propriétés de nanomédicaments ou de médicaments hybrides.

### L'usage responsable des produits cosmétiques

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Comment la composition chimique d'un produit cosmétique détermine-t-elle son usage ?</b>	
Les produits cosmétiques : soins du corps, soins d'embellissement, parfums, teintures.	Analyser un document décrivant la composition et les effets d'un produit cosmétique sur la santé. Reconnaître un solvant dans un produit cosmétique.  Commenter les avantages d'une synthèse de produit cosmétique au regard des principes de la chimie verte. Mettre en perspective le développement de la phytochimie.
<b>Comment l'action d'un antioxydant peut-elle contribuer à la protection solaire ?</b>	
Protection solaire. Antioxydant.	Distinguer les UVA et les UVB. Décrire qualitativement l'action des UV sur la peau. Interpréter l'indice et la composition d'une crème solaire.  Distinguer les actions hydratante et antioxydante.

### Commentaires

#### Ouvertures et limites

La présentation des biomolécules telles que les lipides, les protéines et les vitamines prolonge l'étude des structures chimiques et des glucides engagée en classe de première. Il ne s'agit pas de présenter un catalogue de molécules complexes ni d'en demander une mémorisation. La reconnaissance des fonctions structurales fondamentales est cependant exigée pour que soit analysé le lien entre structure et réactivité. L'ambition est ici de faire acquérir aux élèves une meilleure compréhension du rôle des nutriments et par conséquent de les responsabiliser dans leurs choix d'alimentation.

Le thème 3 mobilise en particulier le domaine de la chimie du médicament, amenant l'homme du XXIe siècle à saisir les liens entre structure chimique et traitement médical, à utiliser les médicaments avec confiance et clairvoyance, et à comprendre certains enjeux portés par la recherche scientifique. Des aspects historiques peuvent être cités pour

exemples, notamment sur la culture de la chimie du médicament, d'abord inspirée de la nature avant de devenir chimie de synthèse. Sur le même sujet peuvent être cités quelques exemples de molécules tels que la streptomycine venant d'une bactérie, le taxol venant du taxotère dans l'if, ou d'autres molécules dont les structures ne sont pas exigibles mais peuvent faire l'objet de commentaires.

Le thème 3 poursuit également l'objectif de sensibiliser, sans exhaustivité, le futur consommateur à l'usage éclairé de quelques produits cosmétiques en l'invitant à examiner particulièrement le lien entre composition chimique et effets sur la santé. Les principes de la chimie verte sont présentés sans développement excessif. Cette partie thématique se prête à l'analyse de documents abordant par exemple la question de la relation entre cosmétique et médicament, ou encore celle de la synthèse de substances actives sans recours à un solvant. Une analyse critique des antioxydants pour la protection solaire peut conduire à la formulation de précautions d'emploi. Les stratégies de lutte contre le stress oxydant cutané peuvent faire l'objet d'une étude documentaire.

### **Perspectives**

Le thème 3 met en perspective plusieurs défis de société dans le domaine de l'alimentation : exigence croissante de qualité par le consommateur, recherche de protéines pour nourrir l'humanité demain, synthèse d'additifs inspirés de la nature.

La voie des médicaments du futur, plus performants, est tracée : nanomédicaments et médicaments hybrides. Dans ce cadre, la synthèse du médicament est guidée par la biologie structurale et la chimie devient une chimie combinatoire dynamique grâce aux avancées de la génétique.

La perspective d'une amélioration des procédés de fabrication des produits cosmétiques émerge, inspirée des principes de la chimie verte. Le développement de la phytochimie au service des cosmétiques s'inscrit dans un enjeu de performance et de qualité. L'enjeu des cosmétiques hybrides, qui combinent plusieurs fonctions, peut également être signalé. La frontière avec le médicament est clairement définie mais une meilleure connaissance des molécules est nécessaire pour répondre à l'exigence de sécurité en matière d'usage des cosmétiques.

Ces perspectives s'appuient fortement sur l'innovation scientifique et technologique portée par une recherche fondamentale et appliquée à laquelle plusieurs disciplines apportent leurs contributions.