

COLLECTION

Claude Lizeaux • Denis Baude

SCIENCES 1^{re} L-ES

SVT • PHYSIQUE-CHIMIE

Programme 2011

Livre du professeur

Sous la direction de Claude Lizeaux et de Denis Baude,
ce livre a été écrit par :

Denis Baude

Christophe Brunet

Saverio Callea

Bruno Forestier

Emmanuelle François

Bernard Gravelat

Yves Jusserand

Claude Lizeaux

Paul Pillot

Stéphane Rabouin

David Saby

André Vareille

Sommaire

Les ressources du manuel numérique	3
Le programme de Sciences 1 ^{re} L et ES	5

Partie	1	La représentation visuelle	
		Objectifs généraux	18
		Chapitre 1 Les mécanismes optiques de la vision	21
		Chapitre 2 Les mécanismes nerveux de la vision	33
		Chapitre 3 Couleurs et arts	44
		Chapitre 4 La chimie de la perception visuelle	55

Partie	2	Nourrir l'humanité	
		Objectifs généraux	64
		Chapitre 1 Agriculture, santé et environnement	67
		Chapitre 2 Qualité des sols et de l'eau	76
		Chapitre 3 Aspects biologiques de la conservation des aliments	86
		Chapitre 4 L'alimentation : aspects physico-chimiques	93

Partie	3	Féminin, masculin	
		Objectifs généraux	106
		Chapitre 1 La maîtrise de la procréation	108
		Chapitre 2 Devenir homme ou femme	118
		Chapitre 3 Vivre sa sexualité	124

Partie	4	Le défi énergétique	
		Objectifs généraux	130
		Chapitre 1 Activités humaines et besoins en énergie	132
		Chapitre 2 L'utilisation des ressources énergétiques disponibles.....	139
		Chapitre 3 Optimiser la gestion et l'utilisation de l'énergie	146

© Bordas/SEJER, Paris, 2011
ISBN 978-2-04-732844-6

« Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit, ou ayants-cause, est illicite (article L. 122-4 du Code de la Propriété Intellectuelle). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par l'article L. 335-2 du Code de la Propriété Intellectuelle. Le Code de la Propriété Intellectuelle n'autorise, aux termes de l'article L. 122-5, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration ».

Les ressources du manuel numérique

Les ressources du manuel numérique ont été rassemblées et conçues pour une utilisation interactive et ouverte. Elles laissent une large place à la liberté pédagogique du professeur ou de l'équipe enseignante autant dans les choix de documents ou d'activités que dans les modalités de mise en œuvre. L'une des lignes conductrices a été de permettre une mise en activité de l'élève développant interrogations, réflexion et recherche d'explications tout en privilégiant son autonomie.

Ces ressources sont de divers ordres :

- des vidéos pour observer et mieux comprendre ;
- des modélisations dynamiques de molécules en trois dimensions ;
- des animations en lien avec les activités du livre ;
- des schémas-bilan animés ;
- des fiches pour aller plus loin ;
- des exercices interactifs pour s'entraîner et s'évaluer.

1. Des vidéos pour observer et mieux comprendre

• Les vidéos présentant des « manipulations de paillasse »

Elles ne se substituent pas à une activité pratique des élèves :

– Certaines sont une **alternative pédagogique** que le professeur exploitera ou non. C'est le cas de la manipulation de préparation d'une peinture à l'huile ou du colorant des jeans (partie 1, chapitre 3).

– D'autres vidéos présentent, en action, des matériels ou dispositifs qui ne sont pas nécessairement présents dans tous les établissements mais qui offrent un **intérêt démonstratif ou explicatif** comme la machine frigorifique (partie 2, chapitre 4) ou la pile à combustible (partie 4, chapitre 3).

• Les vidéos issues des médias ou d'archives

Ces courts « sujets » d'actualité sont précieux pour **mettre en place un questionnement, lancer un débat ou apporter des éléments d'explication**. À titre d'exemples, « les nitrates dans l'eau » qui font état de la pollution des eaux par les engrais, conséquences d'une agriculture intensive (partie 2, chapitre 1)..., ou « la géothermie dans le Val-de-Marne » qui montre une centrale géothermique desservant 21 000 logements (partie 4, chapitre 1).

Les documents d'archives ont cet intérêt d'amener « à réfléchir à la manière dont la science et les progrès technologiques interagissent avec la société et son quotidien » (programme d'enseignement de Sciences en 1^{re} des séries L et ES). L'extrait des actualités cinématographiques de 1951 sur l'affaire du « pain maudit » est un

bon exemple (partie 1, chapitre 4). Cette séquence est accompagnée d'une fiche pour aller plus loin.

• Des vidéos scientifiques

Sorties du laboratoire ou du service spécialisé, par exemple le diagnostic de sexe par échographie chez le fœtus (partie 3, chapitre 2), ces vidéos établissent le lien entre techniques, santé et responsabilité individuelle.

Le site www.bordas-svtylcee.fr propose des liens vers des ressources extérieures.

Exemples de vidéos : Le risque alimentaire (on montre que les scientifiques peuvent prévenir des dangers mais que c'est aux politiques de décider des mesures à prendre : partie 2, chapitre 3), l'ICSI (Intra Cytoplasmic Sperm Injection : partie 3, chapitre 1).

2. Des modélisations dynamiques de molécules en trois dimensions

Le manuel est émaillé de photographies de molécules ou de complexes moléculaires en 3D. La plupart sont également proposés sous forme de modélisations dynamiques (vidéos). L'objectif n'est pas de remplacer une activité de l'élève avec un logiciel de traitement de données moléculaires (Molusc, Rastop ou autre) mais, là encore, de créer une situation de choix pédagogique. L'index des fichiers de coordonnées moléculaires utilisés figure à la fin de chaque vidéo et sont téléchargeables sur le site www.bordas-svtylcee.fr.

Les vidéos ont été construites pour être des outils de recherche d'explication. Comment peut-on expliquer l'action de substances telles que le LSD (partie 1, chapitre 4) ? Comment expliquer l'action d'un contraceptif d'urgence (partie 3, chapitre 1) ? Comment expliquer les propriétés de l'eau, d'un lipide et d'un tensio-actif (partie 2, chapitre 4) ?

L'utilisation peut être collective ou dans le cadre d'un atelier.

3. Des animations en lien avec les activités du livre

La compréhension d'un mécanisme, d'un phénomène ou d'une technique peut être facilitée par un schéma. Elle sera encore plus facile si l'élève peut générer différentes situations et en appréhender les conséquences à travers une animation. Les animations sur la myopie, la presbytie et les corrections optiques possibles (partie 1, chapitre 1) sont un exemple. Le fonctionnement de la synapse et sa perturbation par des substances exogènes (partie 1, chapitre 4) ou encore les principes d'un panneau photovoltaïque (partie 4, chapitre 2) permettent d'aborder simplement et visuellement des mécanismes complexes.

Si l'utilisation en collectif est possible, celle en atelier ou libre-service reste plus adaptée.

4. Des schémas-bilan animés

Un schéma-bilan offre de nombreuses informations souvent très symbolisées et très synthétiques. Une telle représentation est souvent difficile à exploiter par l'élève dans la mesure où il ne sait pas où démarrer et comment en effectuer la lecture. Ceci est encore plus vrai s'il s'agit du schéma d'un mécanisme de régulation, d'un enchaînement de causes et de conséquences (détermination du sexe chez l'embryon : partie 3, chapitre 2), des conversions énergétiques (partie 4, chapitre 1).

Le schéma-bilan animé propose une progression en présentant les différents composants selon un ordre logique et pédagogique. Il peut être exploité en collectif, comme support de synthèse mais également individuellement ou en petits groupes : les élèves élaborent alors par eux-mêmes le bilan en s'appuyant sur l'outil proposé.

5. Des fiches pour aller plus loin

L'un des objectifs du programme est « de susciter l'envie de l'élève d'approfondir ces questions à travers la consultation de ressources documentaires ». Les fiches ont été rédigées à la manière d'articles de revues proches de l'actualité scientifique, tout en restant à la portée des élèves. L'intention est d'aller plus loin, s'interroger ou débattre sur des problèmes de société, de santé, d'environnement, en lien avec l'histoire des sciences ou l'histoire des arts.

Exemples :

– « *Papillomavirus* et cancer : comment s'en protéger ? » (partie 3, chapitre 1), information pour une responsabilité individuelle et collective ;

– « Sélection génétique et production laitière au Mali », dans la thématique « Améliorations génétiques, santé et environnement » (partie 2, chapitre 1) ;

– « John Dalton et le daltonisme (article de J. Dalton dans "*The Edinburgh journal of science*", 1794 » (partie 1, chapitre 2), ou encore « La pile de Volta : une histoire de grenouilles ? », pour comprendre, à travers l'histoire des sciences, *d'une manière simple les démarches ayant mené aux notions et concepts actuels* (partie 4, chapitre 3) ;

– « Claude Monet et la cataracte » (partie 1, chapitre 1) ou encore « Les autoportraits d'Anton Raderscheidt » (partie 1, chapitre 2), contribution à l'histoire de l'art en montrant l'impact d'une déficience physiologique sur l'évolution de l'œuvre du peintre.

Certaines fiches renvoient vers des sites d'intérêt.

6. Des exercices interactifs pour s'entraîner et s'évaluer

Ils reprennent les exercices du livre (QCM, Vrai ou faux, Utiliser ses compétences). Ils ne sont pas seulement un outil d'évaluation mais se veulent également un instrument d'apprentissage. Le choix a donc été fait de valider ou non la réponse de l'élève mais de ne pas proposer les bonnes réponses. L'élève est renvoyé vers un document ou une activité lui permettant de confirmer ou de préciser ses connaissances. L'aide est disponible à tout moment.

Programme de Sciences

Enseignements spécifiques

Cycle terminal de la série économique et sociale et de la série littéraire

Classe de Première

PRÉAMBULE

Au collège et jusqu'en classe de Seconde, l'élève a bénéficié d'un enseignement scientifique qui lui a permis de se construire une première représentation globale et cohérente du monde dans lequel il vit. En classe de Première littéraire ou économique et sociale, l'enseignement de sciences prolonge cette ambition en poursuivant la construction de la culture scientifique et citoyenne indispensable dans un monde où l'activité scientifique et le développement technologique imprègnent sa vie quotidienne et les choix de société. L'aspect culturel doit donc être privilégié dans ce programme.

Cet enseignement de sciences est construit non pas comme une simple juxtaposition de deux disciplines mais comme une étude de thèmes par l'approche croisée de la chimie, de la physique, des sciences de la Terre et des sciences de la vie afin d'offrir un enseignement global. En même temps, chaque discipline a des apports indépendants, originaux et spécifiques. Afin de faciliter la réorientation entre les séries ES, L et S au cours ou à la fin de l'année de Première, les programmes de sciences des séries ES et L d'une part, et de la série S d'autre part, permettent de faire acquérir des connaissances et des compétences dont certaines sont voisines.

1. Faire acquérir une culture scientifique

L'enseignement de sciences en classe de Première des séries économique et sociale ou littéraire est d'abord conçu pour faire acquérir aux élèves une culture scientifique. Ainsi cet enseignement scientifique a comme objectifs de permettre à l'élève :

- **d'acquérir des connaissances nécessaires à la compréhension des questions et problématiques scientifiques** telles qu'il peut les rencontrer quotidiennement ;
- **d'appréhender des enjeux de la science en lien avec des questions de société** comme le développement durable et la santé, en portant un regard critique afin d'agir en citoyen responsable ;
- **de susciter son envie d'approfondir ces questions** à travers la consultation de ressources documentaires variées ;
- **de comprendre d'une manière simple les démarches** ayant mené aux notions et concepts actuels au travers, par exemple, de l'histoire des sciences.

2. Contribuer à la construction de compétences

• Une formation scientifique

Contrairement à la pensée dogmatique, la science n'est pas faite de vérités révélées intangibles, mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent et s'enrichissent avec le temps. Former l'élève à la démarche scientifique, c'est lui permettre d'acquérir des compétences qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement :

– **en identifiant un problème**, en formulant des hypothèses pertinentes, en les confrontant aux constats expérimentaux et en exerçant son esprit critique à l'égard des sources et des méthodes d'analyse ;

– **en prélevant et en exploitant des informations** dans des revues, des sites internet, des médias scientifiques, etc.

Il lui faut rechercher, extraire et organiser l'information utile et également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe.

Il s'agit, pour lui, de tirer des conclusions fondées sur des faits en ayant soin de sélectionner des données, d'évaluer la pertinence scientifique (distinguer le prouvé du probable ou de l'incertain) et d'appréhender le caractère éventuellement incomplet des informations recueillies l'empêchant alors de conclure de manière certaine.

L'élève est ainsi confronté à des données scientifiques ou des faits d'actualité suscitant le questionnement et lui permettant de construire des éléments de réponses. On lui donne l'envie « d'aller plus loin » par l'accès personnel aux ouvrages ou revues de bonne vulgarisation scientifique.

Dans ce contexte, l'élève construit et mobilise ses connaissances.

En présentant la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à une activité de communication écrite et orale susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières et de développer le goût de la rigueur dans l'expression et de l'enrichissement du vocabulaire. Il élabore des synthèses, des commentaires et des argumentations, à l'écrit comme à l'oral, sous la forme d'exposés, de débats, à partir de supports divers (scientifiques mais aussi littéraires, historiques, etc.).

• *Des compétences sociales et civiques*

Tout au long de cet enseignement, il s'agit d'amener l'élève à réfléchir à la manière dont la science et les progrès technologiques interagissent avec la société et son quotidien. Il doit prendre ainsi conscience que ces progrès, s'ils apportent des solutions ou des améliorations, peuvent être aussi à l'origine de questions nouvelles. Afin de développer son esprit critique, sa curiosité et son esprit d'initiative, on engage l'élève dans des débats argumentés le conduisant à proposer une argumentation scientifique portant sur des questions de société, sur les avantages et limites des avancées scientifiques et technologiques ou sur des problématiques de santé ou de développement durable.

• *Une convergence des disciplines*

Les grands défis auxquels nos sociétés sont confrontées exigent une approche scientifique et culturelle globale de même que l'approche de la complexité du réel nécessite l'apport croisé des différents champs disciplinaires.

Le croisement des regards disciplinaires vise à éduquer à une approche systémique et à développer des compétences adaptées au traitement de la complexité : prendre conscience de la multiplicité des approches, s'interroger de façon à multiplier les éclairages, rechercher des explications dans différents domaines avant d'en confronter les implications. On rejoint ainsi les sciences économiques et sociales, les mathématiques, l'histoire-géographie, l'éducation civique, juridique et sociale par exemple.

• *Les technologies de l'information et de la communication*

Les sciences expérimentales participent à la préparation et à la validation du B2i niveau lycée et de ce fait concourent à la maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication favorisant l'insertion sociale et professionnelle.

La recherche documentaire sur internet sera l'occasion de renforcer les compétences liées à l'utilisation

des Tic déjà travaillées au collège et en Seconde permettant à l'élève :

- de faire de ce mode de recherche une utilisation raisonnée ;
- de percevoir les possibilités et les limites des traitements informatisés ;
- de faire preuve d'esprit critique face aux résultats de ces traitements ;
- d'identifier les contraintes juridiques et sociales dans lesquelles s'inscrivent ces utilisations.

L'attractivité que représente la diversification des modalités d'échanges au cours des débats argumentés pourra notamment s'envisager à travers l'utilisation d'un forum ou d'un groupe de travail implanté sur l'environnement numérique de travail (ENT) du lycée.

3. Histoire des arts

En continuité avec les préconisations des programmes de collège et de la classe de Seconde, les sciences apportent leur contribution à l'enseignement de l'histoire des arts en soulignant les relations entre les arts, la science et la technique, notamment dans les rapports des arts avec l'innovation et la démarche scientifiques ou dans le discours que tiennent les arts sur les sciences et les techniques.

4. Évaluation

L'évaluation doit porter davantage sur la mobilisation de connaissances dans des contextes nouveaux et variés que sur une simple restitution des notions et contenus définis dans le programme. Elle fait référence principalement aux capacités des élèves à trier des informations, à en établir le bien-fondé et à les mettre en relation. Elle concerne également les capacités à communiquer à l'écrit mais aussi à l'oral à travers des synthèses, des commentaires et des argumentations.

Formative ou sommative, l'évaluation doit permettre de tester les compétences de l'élève et donc son aptitude à appréhender une problématique en lien avec les sciences et ce, de manière raisonnée.

ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT

Cet enseignement de sciences est organisé en trois parties : deux thèmes communs aux deux disciplines (« Représentation visuelle » et « Nourrir l'Humanité ») et un thème propre à chacune d'elles : « Féminin-Masculin » pour les Sciences de la Vie et de la Terre et « Le défi énergétique » pour les Sciences Physiques et Chimiques.

Le thème « **Représentation visuelle** » permet d'une part l'étude des propriétés de la lumière en rapport avec un système de réception, l'œil, et d'autre part celle de la représentation du monde que construit le cerveau.

Le thème « **Nourrir l'Humanité** » permet d'étudier sous les angles physico-chimiques et biologiques les pratiques agricoles et les modes de conservation des aliments, dégagant ainsi la nécessité de produire plus et mieux, en préservant les ressources naturelles, l'environnement et la santé.

Le thème propre aux Sciences de la Vie et de la Terre « **Féminin-Masculin** » permet de montrer comment la connaissance du déterminisme sexuel et de son contrôle hormonal a abouti à la mise au point des méthodes chimiques actuelles de maîtrise de sa procréation par un couple. Ce sera l'occasion de rappeler les principes d'hygiène et de prévention.

Le thème propre aux sciences physiques et chimiques « **Le défi énergétique** » est l'occasion de présenter les principales sources d'énergies, renouvelables ou non, et d'appréhender les problématiques de gestion des ressources dans une logique de développement durable.

Les deux thèmes communs aux deux disciplines expérimentales (Sciences de la Vie et de la Terre, Sciences Physiques et Chimiques) représentent environ les deux tiers du programme, et l'ensemble des thèmes propres à chacune des disciplines constitue le troisième tiers.

L'ordre de présentation de chacun des thèmes ne préjuge en rien de leur programmation annuelle, laissée à l'appréciation des enseignants, de même que leur durée exacte.

Le programme est présenté en deux colonnes pour chaque thème :

- la colonne intitulée « Notions et contenus » définit les sujets d'études ;
- la colonne intitulée « Compétences exigibles » définit les connaissances et capacités que l'élève devra savoir mobiliser dans un contexte donné.

Représentation visuelle

Nous vivons dans un monde où les images sont omniprésentes, fixes ou animées, véhiculées par différents médias. Mais ces images traduisent-elles la réalité du monde qui nous entoure ? Cette interrogation n'est pas nouvelle, elle sous-tendait déjà le mythe de la caverne de Platon où Socrate démontre à son disciple Glaucon que l'on n'a du monde que des images (les « ombres ») personnelles limitées par ses propres moyens d'accès à la connaissance du réel.

La représentation visuelle, qui passe par la perception visuelle, est le fruit d'une construction cérébrale.

Dans sa composante sciences physiques et chimiques, l'objectif de ce thème est d'amener l'élève à comprendre :

- le fonctionnement de l'œil en tant qu'appareil optique ;
- le principe de la correction de certains défauts de l'œil ;
- l'obtention des couleurs de la matière.

Dans sa composante sciences de la vie et de la Terre, l'objectif de ce thème est d'amener l'élève à comprendre les bases scientifiques de la perception visuelle qui :

- dépend de la qualité des messages transmis vers le cerveau, eux-mêmes directement liés à la qualité de l'image formée sur la rétine (avec la possibilité de la corriger par des lentilles artificielles) et à la nature des récepteurs ;
- met en jeu plusieurs zones spécialisées du cerveau qui communiquent entre elles ;
- permet, associée à la mémoire et à des structures spécifiques du langage, l'apprentissage de la lecture ;
- peut être perturbée par des drogues agissant sur la communication entre neurones ;
- peut présenter des déficiences dont certaines peuvent être traitées.

Cet enseignement doit aider l'élève à adopter des comportements pour préserver l'intégrité de sa vision et du fonctionnement de son cerveau.

Notions et contenus	Compétences exigibles
<i>De l'œil au cerveau</i>	
<p>L'œil : système optique et formation des images</p> <p>Conditions de visibilité d'un objet. Approche historique de la conception de la vision. Modèle réduit de l'œil. Lentilles minces convergentes, divergentes. Éléments caractéristiques d'une lentille mince convergente : centre optique, axe optique, foyers, distance focale. Construction géométrique de l'image d'un petit objet-plan donnée par une lentille convergente.</p> <p>L'œil, accommodation, défauts et corrections</p> <p>Formation des images sur la rétine ; nécessité de l'accommodation.</p> <p>Punctum proximum et punctum remotum. Défauts de l'œil : myopie, hypermétropie et presbytie. Principe de correction de ces défauts par des lentilles minces ou par modification de la courbure de la cornée ; vergence.</p>	<p>Exploiter les conditions de visibilité d'un objet.</p> <p>Porter un regard critique sur une conception de la vision à partir de l'étude d'un document.</p> <p>Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel.</p> <p>Reconnaître la nature convergente ou divergente d'une lentille mince.</p> <p>Représenter symboliquement une lentille mince convergente ou divergente.</p> <p>Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente.</p> <p>Modéliser l'accommodation du cristallin.</p> <p>Reconnaître la nature du défaut d'un œil à partir des domaines de vision et inversement.</p> <p>Associer à chaque défaut un ou plusieurs modes de correction possibles.</p> <p>Exploiter la relation liant la vergence et la distance focale.</p>
<p><i>Acquis du collègue : propagation rectiligne de la lumière, modèle du rayon lumineux, vision des objets, lentilles, formation des images réelles.</i></p> <p>Des photorécepteurs au cortex visuel</p> <p>La vision du monde dépend des propriétés des photorécepteurs de la rétine. L'étude comparée des pigments rétiens permet de placer l'Homme parmi les Primates. Le message nerveux visuel emprunte des voies nerveuses jusqu'au cortex visuel.</p> <p>Aires visuelles et perception visuelle</p> <p>L'imagerie fonctionnelle du cerveau permet d'identifier et d'observer des aires spécialisées dans la reconnaissance des couleurs, ou des formes, ou du mouvement.</p> <p>Aires cérébrales et plasticité</p> <p>La reconnaissance d'un mot écrit nécessite une collaboration entre aires visuelles, mémoire et des structures liées au langage.</p>	<p>Déterminer les rôles des photorécepteurs et de l'organisation anatomique des voies visuelles dans la perception d'une image.</p> <p>Relier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - certaines maladies et certaines anomalies génétiques à des déficiences visuelles ; - certaines caractéristiques de la vision à certaines propriétés et à la répartition des photorécepteurs de la rétine. <p>Justifier la place de l'Homme au sein des Primates à partir de la comparaison des opsines ou des gènes les codant.</p> <p>Expliquer à partir de résultats d'exploration fonctionnelle du cerveau ou d'étude de cas cliniques, la notion de spécialisation fonctionnelle des aires visuelles.</p> <p>Établir les relations entre coopération des aires cérébrales, plasticité des connexions et activité de lecture.</p>

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Couleurs et arts</p> <p>Colorants et pigments. Approche historique. Influence d'un ou plusieurs paramètres sur la couleur de certaines espèces chimiques. Synthèse soustractive ; synthèse additive. Application à la peinture et à l'impression couleur.</p> <p>Acquis du collège : <i>lumière blanche composée de lumières colorées, couleur d'un objet, synthèse additive, synthèse d'une espèce chimique.</i></p> <p>Limites :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>L'appui sur des maladies et des anomalies n'implique pas une connaissance exhaustive de celles-ci.</i> - <i>On n'aborde ni l'organisation détaillée de la rétine ni le fonctionnement des photorécepteurs. On signale simplement l'élaboration globale d'un message nerveux acheminé par le nerf optique.</i> - <i>Il ne s'agit pas d'une étude exhaustive des techniques d'exploration du cerveau, des cas cliniques, des maladies et des anomalies de la vision.</i> <p><i>On n'étudie ni la localisation relative des aires V1 à V5, ni leurs spécialisations, ni les mécanismes précis de la mémoire ou du langage.</i></p>	<p>Rechercher et exploiter des informations portant sur les pigments, les colorants et leur utilisation dans le domaine des arts.</p> <p>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la présence de différents colorants dans un mélange.</p> <p>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence l'influence de certains paramètres sur la couleur d'espèces chimiques.</p> <p>Distinguer synthèses soustractive et additive.</p> <p>Exploiter un cercle chromatique.</p> <p>Interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.</p>

La chimie de la perception

<p>La transmission synaptique</p> <p>La perception repose sur la transmission de messages nerveux, de nature électrique, entre neurones, au niveau de synapses, par l'intermédiaire de substances chimiques : les neurotransmetteurs.</p> <p>Les perturbations chimiques de la perception</p> <p>Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent.</p> <p>Leur consommation entraîne des troubles du fonctionnement général de l'organisme, une forte accoutumance ainsi que des « flash-back » imprévisibles.</p> <p>Acquis du collège et de la classe de Seconde : <i>système nerveux, organes sensoriels, récepteur, centres nerveux (moelle épinière, cerveau), nerf sensitif, neurones, altération des récepteurs sensoriels par l'environnement, cerveau, centre d'analyse et lieu de la perception, variation du débit sanguin en fonction de l'activité d'un organe.</i></p> <p><i>Communication au sein d'un réseau de neurones, action de la consommation ou de l'abus de certaines substances sur les récepteurs et les effecteurs.</i></p> <p>Limites :</p> <p><i>On se contente, à travers l'observation iconographique de vésicules au niveau synaptique, de mettre en évidence l'intervention d'un neurotransmetteur.</i></p> <p><i>L'action du LSD (et éventuellement d'autres drogues) est expliquée au niveau moléculaire.</i></p> <p><i>Le volet « éducation à la santé » doit être développé.</i></p>	<p>Mettre en évidence la nature chimique de la transmission du message nerveux entre deux neurones par la mise en relation de documents, dont des électrographies.</p> <p>Expliquer le mode d'action de substances hallucinogènes (ex. : LSD ou « acide ») par la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent.</p> <p>Expliquer l'action d'une drogue dans la perturbation de la communication nerveuse qu'elle induit et les dangers de sa consommation tant d'un point de vue individuel que sociétal.</p>
--	--

Nourrir l'humanité

Une population de neuf milliards d'humains est prévue au XXI^e siècle. Nourrir la population mondiale est un défi majeur qui ne peut être relevé sans intégrer des considérations géopolitiques, socio-économiques et environnementales.

L'élève sera amené à percevoir la complexité des questions qui se posent désormais à chacun, dans sa vie de citoyen, tant au niveau individuel que collectif, et à l'humanité concernant la satisfaction des besoins alimentaires.

Il élaborera quelques éléments de réponses, scientifiquement étayés, à certaines de ces interrogations concernant l'accroissement de la production agricole, la conservation des aliments et leurs transformations.

Il prendra conscience que pour obtenir, par l'amélioration

des pratiques culturelles, une augmentation des rendements et de la productivité agricoles, dans un contexte historique et économique de développement des populations mondiales, il est désormais nécessaire de prendre en compte :

- l'impact sur l'environnement, dont les interactions et les échanges entre les êtres vivants et leurs milieux, et la gestion durable des ressources que représentent le sol et l'eau ;

- les conséquences sur la santé.

Par une approche historique et culturelle, l'élève aborde les processus physiques, chimiques et biologiques de la transformation et de la conservation des aliments. Il acquiert des connaissances qui lui permettent d'adopter des comportements responsables en matière de risque alimentaire.

Notions et contenus	Compétences exigibles
Vers une agriculture durable au niveau de la planète	
<p>Pratiques alimentaires collectives et perspectives globales</p> <p>L'agriculture repose sur la création et la gestion d'agrosystèmes dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité.</p> <p>Dans un agrosystème, le rendement global de la production par rapport aux consommations de matière et d'énergie conditionne le choix d'une alimentation d'origine animale ou végétale, dans une perspective de développement durable.</p> <p>Une agriculture pour nourrir les Hommes</p> <p>L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent le problème :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des apports dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.) ; – des ressources en eau ; – de l'amélioration des races animales et des variétés végétales par la sélection génétique, les manipulations génétiques, le bouturage ou le clonage ; – du coût énergétique et des atteintes portées à l'environnement. <p>Le choix des techniques culturelles doit concilier la production, la gestion durable de l'environnement et la santé.</p> <p>Qualité des sols et de l'eau</p> <p>Le sol : milieu d'échanges de matière.</p> <p>Engrais et produits phytosanitaires ; composition chimique.</p> <p>Eau de source, eau minérale, eau du robinet ; composition chimique d'une eau de consommation.</p> <p>Critères physicochimiques de potabilité d'une eau.</p> <p>Traitement des eaux naturelles.</p>	<p>Comparer la part d'intervention de l'Homme dans le fonctionnement d'un écosystème et d'un agrosystème.</p> <p>Montrer que consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.</p> <p>Comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) d'un écosystème et de différents agrosystèmes (cultures, élevages), à partir de données prélevées sur le terrain ou dans des bases de données et traitées par des logiciels de calculs ou de simulation.</p> <p>Expliquer, à partir de résultats simples de croisements, le principe de la sélection génétique (« vigueur hybride » et « homogénéité de la F1 »).</p> <p>Relier les progrès de la science et des techniques à leur impact sur l'environnement au cours du temps.</p> <p>Étudier l'impact sur la santé ou l'environnement de certaines pratiques agricoles (conduite d'un élevage ou d'une culture).</p> <p>Exploiter des documents et mettre en œuvre un protocole pour comprendre les interactions entre le sol et une solution ionique en termes d'échanges d'ions.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour doser par comparaison une espèce présente dans un engrais ou dans un produit phytosanitaire.</p>

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Acquis (collège et Seconde) :</p> <p><i>SVT : caractéristiques du milieu et répartition des êtres vivants ; peuplement d'un milieu ; biodiversité ; production alimentaire par l'élevage ou la culture ou par une transformation biologique ; le sol, patrimoine durable ; producteurs ; synthèse de matière organique à la lumière ; biomasse ; gènes ; allèles, ADN ; transgénèse ; reproduction sexuée et unicité des individus.</i></p> <p><i>SPC : l'eau dans l'environnement, mélanges aqueux, mélanges homogènes et corps purs, l'eau solvant, formules de quelques ions, protocole de tests de reconnaissance de certains ions.</i></p> <p>Limites :</p> <p><i>On se limite à la quantification des flux d'énergie et de matière sans identifier ni expliquer les mécanismes biologiques explicatifs. Aucune exhaustivité n'est attendue dans la connaissance des pratiques de cultures et d'élevages.</i></p> <p><i>Les mécanismes cellulaires du bouturage ne sont pas à connaître. Les étapes du clonage et des manipulations génétiques ne sont pas étudiées pour elles-mêmes mais pour leur intérêt en agriculture.</i></p>	<p>Réaliser une analyse qualitative d'une eau.</p> <p>Rechercher et exploiter des informations concernant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la potabilité d'une eau ; - le traitement des eaux naturelles ; - l'adoucissement d'une eau dure.
Qualité et innocuité des aliments : le contenu de nos assiettes	
<p>Biologie des microorganismes et conservation des aliments</p> <p>Certaines techniques de conservation se fondent sur la connaissance de la biologie des microorganismes, dont certains sont pathogènes, et visent à empêcher leur développement.</p> <p>Conservation des aliments, santé et appétence alimentaire</p> <p>La conservation des aliments permet de reculer la date de péremption tout en préservant leur comestibilité et leurs qualités nutritives et gustatives.</p> <p>Les techniques de conservation peuvent modifier les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments et provoquer parfois des troubles physiologiques chez le consommateur.</p> <p>Conservation des aliments</p> <p>Effet du dioxygène de l'air et de la lumière sur certains aliments. Rôle de la lumière et de la température dans l'oxydation des produits naturels.</p> <p>Conservation des aliments par procédé physique et par procédé chimique.</p> <p>Se nourrir au quotidien : exemple des émulsions</p> <p>Structure simplifiée des lipides.</p> <p>Espèces tensioactives ; partie hydrophile, partie hydrophobe. Formation de micelles.</p> <p>Acquis (collège et Seconde) :</p> <p><i>Transformation biologique : microorganismes, aspect gustatif. Les changements d'état, composition de l'air, les atomes pour comprendre la réaction chimique.</i></p> <p>Limites :</p> <p><i>Il ne s'agit pas :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - d'établir une liste exhaustive des agents pathogènes, des intoxications alimentaires et des symptômes de ces dernières ; - d'étudier les techniques de conservation des aliments pour elles-mêmes ; - de lister tous les conservateurs et leurs effets supposés sur la santé. 	<p>Expliquer à partir de données expérimentales ou documentaires le rôle des conditions physico-chimiques sur le développement de micro-organismes.</p> <p>Expliquer les conseils de conservation donnés aux consommateurs.</p> <p>Identifier les avantages et les inconvénients pour le consommateur de certains traitements appliqués dans le cadre de la conservation des aliments.</p> <p>Utiliser des arguments scientifiques pour confirmer ou infirmer certaines affirmations véhiculées dans les médias ou dans les publicités concernant l'action de certains produits alimentaires sur la santé.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole pour mettre en évidence l'oxydation des aliments.</p> <p>Distinguer une transformation physique d'une réaction chimique.</p> <p>Associer un changement d'état à un processus de conservation.</p> <p>Extraire et organiser des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rendre compte de l'évolution des modes de conservation des aliments ; - analyser la formulation d'un produit alimentaire. <p>Interpréter le rôle d'une espèce tensioactive dans la stabilisation d'une émulsion.</p> <p>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les conditions physicochimiques nécessaires à la réussite d'une émulsion culinaire.</p>

Féminin/masculin

La prise en charge de façon responsable de sa vie sexuelle par ce futur adulte rend nécessaire de parfaire une éducation à la sexualité qui a commencé au collège.

Ce thème vise à fournir à l'élève des connaissances scientifiques clairement établies, qui ne laissent de place ni aux informations erronées sur le fonctionnement de son corps ni aux préjugés.

Ce sera également l'occasion d'affirmer que si l'identité sexuelle et les rôles sexuels dans la société avec leurs stéréotypes appartiennent à la sphère publique, l'orientation sexuelle fait partie, elle, de la sphère privée.

À l'issue de cet enseignement, l'élève devrait être capable d'expliquer :

- à un niveau simple, par des mécanismes hormonaux, les méthodes permettant de choisir le moment de procréer ou d'aider un couple stérile à avoir un enfant ;
- comment un comportement individuel raisonné permet de limiter les risques de contamination et de propagation des infections sexuellement transmissibles (IST) ;
- le déterminisme génétique et hormonal du sexe biologique, et de différencier ainsi identité et orientation sexuelles ;
- que l'activité sexuelle chez l'Homme repose en partie sur des phénomènes biologiques, en particulier l'activation du système de récompense.

Notions et contenus	Compétences exigibles
<i>Prendre en charge de façon conjointe et responsable sa vie sexuelle</i>	
<p>La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse qui permettent une maîtrise de la procréation de plus en plus adaptée, avec de moins en moins d'effets secondaires.</p> <p>Ces molécules de synthèse sont utilisées dans :</p> <ul style="list-style-type: none">- la contraception régulière (« la pilule ») ;- la contraception d'urgence ;- l'IVG médicamenteuse. <p>Elles sont également utilisées dans les techniques de procréation médicalement assistée (PMA) qui permettent ou facilitent la fécondation et/ou la gestation dans les cas de stérilité ou d'infertilité.</p> <p>Les IST, causes de stérilité, et leur propagation au sein de la population peuvent être évitées par des comportements individuels adaptés.</p> <p>Acquis (collège) : <i>reproduction sexuée, fécondation, nidation, cellules reproductrices (spermatozoïdes, ovules), organes reproducteurs, caractères sexuels secondaires, origine hormonale et caractéristiques de la puberté, règles, ménopause, rapport sexuel, embryon, hormones ovariennes (œstrogènes, progestérogène), organe-cible, maîtrise de la reproduction : contraception (chimique ou mécanique), contraception, interruption de grossesse, effet abortif, PMA.</i></p> <p>Limites : <i>Seuls les mécanismes régulateurs permettant de comprendre les phénomènes moléculaires des actions contraceptives sont à connaître.</i> <i>Les mécanismes cellulaires d'action des molécules hormonales ne sont pas au programme.</i> <i>Il ne s'agit pas de prendre en compte toutes les causes de stérilité ni toutes les techniques de procréation médicalement assistée mais de montrer que leurs principes reposent sur des connaissances scientifiques.</i> <i>Le cadre éthique doit être discuté.</i> <i>L'étude exhaustive des IST et de leurs agents infectieux n'est pas l'objectif du programme.</i> <i>Le volet « éducation à la santé » doit être développé.</i></p>	<p>Remplacer dans le temps et dans la société la chronologie de l'apparition des méthodes de régulation des naissances.</p> <p>Identifier les modes d'action des molécules de synthèse et les expliquer par les mécanismes biologiques sur lesquels ils se fondent.</p> <p>Expliquer les pratiques médicales chimiques mises en œuvre en cas de déficience de la fertilité du couple.</p> <p>Relier les conseils d'hygiène, de dépistage, de vaccination et d'utilisation du préservatif aux modes de contamination et de propagation des IST.</p> <p>Discuter les limites des méthodes de maîtrise de la procréation en s'appuyant sur la législation, l'éthique et l'état des connaissances médicales.</p>

Notions et contenus	Compétences exigibles
<i>Devenir homme ou femme</i>	
<p>La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal.</p> <p>Acquis du collège : <i>chromosomes sexuels, gène, caractères héréditaires, organes reproducteurs, caractères sexuels secondaires, puberté, embryon.</i></p> <p>Limites : <i>On étudie les trois étapes de la différenciation mais :</i> <ul style="list-style-type: none"> - le lien entre sexe génétique et sexe phénotypique s'appuie sur des données médicales et non expérimentales ; - on n'entre pas dans le détail des mécanismes montrant l'influence du sexe génétique sur le sexe phénotypique (gène SRY, protéine TDF). </p>	<p>Caractériser à partir de différentes informations et à différentes échelles un individu de sexe masculin ou de sexe féminin.</p> <p>Expliquer, à partir de données médicales, les étapes de différenciation de l'appareil sexuel au cours du développement embryonnaire.</p> <p>Différencier, à partir de la confrontation de données biologiques et de représentations sociales ce qui relève : <ul style="list-style-type: none"> - de l'identité sexuelle, des rôles en tant qu'individus sexués et de leurs stéréotypes dans la société, qui relèvent de l'espace social ; - de l'orientation sexuelle qui relève de l'intimité des personnes. </p>
<i>Vivre sa sexualité</i>	
<p>Le comportement sexuel chez les Mammifères est contrôlé, entre autres, par les hormones et le système de récompense.</p> <p>Au cours de l'évolution, l'influence hormonale dans le contrôle du comportement de reproduction diminue, et corrélativement le système de récompense devient prépondérant dans la sexualité de l'Homme et plus généralement des primates hominoïdes.</p> <p>Les facteurs affectifs et cognitifs, et surtout le contexte culturel, ont une influence majeure sur le comportement sexuel humain.</p> <p>Acquis du collège : <i>système nerveux, centres nerveux.</i></p> <p>Limites : <i>On s'en tiendra à une approche descriptive du déterminisme hormonal du comportement sexuel et de l'intervention du système de récompense, sans explication à l'échelle cellulaire ou moléculaire.</i></p>	<p>Établir l'influence des hormones sur le comportement sexuel des Mammifères.</p> <p>Identifier les structures cérébrales qui participent aux processus de récompense à partir de données médicales et expérimentales.</p>

Le défi énergétique

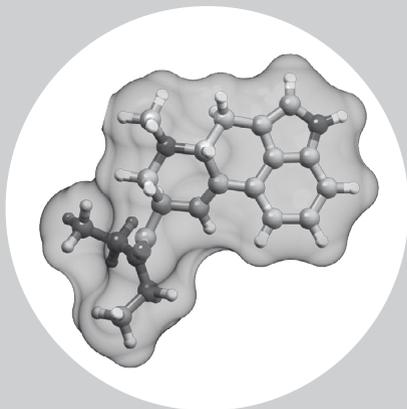
L'exercice de la responsabilité en matière de développement durable repose sur l'analyse des besoins et des contraintes et sur la recherche de solutions nouvelles à court, moyen ou long terme. Pour cela, les sciences expérimentales apportent leur contribution en permettant en particulier de comprendre qu'aucun développement ne sera durable s'il ne recherche, entre autres :

- la disponibilité et la qualité des ressources naturelles ;
- la maîtrise des ressources énergétiques ;
- la gestion des aléas et risques naturels et/ou industriels ;
- l'optimisation de la gestion de l'énergie.

Notions et contenus	Compétences exigibles
Activités humaines et besoins en énergie	
<p>Besoins énergétiques engendrés par les activités humaines : industries, transports, usages domestiques.</p> <p>Quantification de ces besoins : puissance, énergie.</p>	<p>Exploiter des documents et/ou des illustrations expérimentales pour mettre en évidence différentes formes d'énergie.</p> <p>Connaître et utiliser la relation liant puissance et énergie.</p> <p>Rechercher et exploiter des informations sur des appareils de la vie courante et sur des installations industrielles pour porter un regard critique sur leur consommation énergétique et pour appréhender des ordres de grandeur de puissance.</p>
Utilisation des ressources énergétiques disponibles	
<p>Ressources énergétiques et durées caractéristiques associées (durée de formation et durée estimée d'exploitation des réserves).</p> <p>Ressources non renouvelables :</p> <ul style="list-style-type: none"> – fossiles (charbon, pétroles et gaz naturels) ; – fissiles (Uranium : isotopes, $^{235}_{92}\text{U}$: isotope fissile). <p>Ressources renouvelables.</p> <p>Le Soleil, source de rayonnement.</p>	<p>Rechercher et exploiter des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – associer des durées caractéristiques à différentes ressources énergétiques ; – distinguer des ressources d'énergie renouvelables et non renouvelables ; – identifier des problématiques d'utilisation de ces ressources. <p>Mettre en œuvre un protocole pour séparer les constituants d'un mélange de deux liquides par distillation fractionnée.</p> <p>Utiliser la représentation symbolique pour distinguer des isotopes.</p>
<p>Conversion d'énergie.</p>	<p>Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie en termes de conversion et de dégradation.</p>
<p>Centrale électrique thermique à combustible fossile ou nucléaire.</p> <p>Réaction de combustion.</p> <p>Réaction de fission.</p> <p>Réaction de fusion.</p> <p>Le Soleil, siège de réactions de fusion nucléaire.</p> <p>Exploitation des ressources renouvelables.</p>	<p>Identifier les différentes formes d'énergie intervenant dans une centrale thermique à combustible fossile ou nucléaire.</p> <p>Interpréter l'équation d'une réaction nucléaire en utilisant la notation symbolique du noyau ^A_ZX.</p> <p>À partir d'exemples donnés d'équations de réactions nucléaires, distinguer fission et fusion.</p> <p>Exploiter les informations d'un document pour comparer :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les énergies mises en jeu dans des réactions nucléaires et dans des réactions chimiques ; – l'utilisation de différentes ressources énergétiques.

Notions et contenus	Compétences exigibles
<i>Optimisation de la gestion et de l'utilisation de l'énergie</i>	
<p>Transport et stockage de l'énergie. Accumulateur électrochimique et pile à combustible. Sous-produits de l'industrie nucléaire. Décroissance radioactive. Effet de serre.</p> <p><i>Acquis du collège : les changements d'état de l'eau, les combustions, les atomes pour comprendre la réaction chimique, pile électrochimique et énergie chimique, l'alternateur, tension alternative, puissance et énergie électriques.</i></p>	<p>Rechercher et exploiter des informations pour comprendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la nécessité de stocker et de transporter l'énergie ; - l'utilisation de l'électricité comme mode de transfert de l'énergie ; - la problématique de la gestion des déchets radioactifs. <p>Analyser une courbe de décroissance radioactive.</p> <p>Faire preuve d'esprit critique : discuter des avantages et des inconvénients de l'exploitation d'une ressource énergétique, y compris en terme d'empreinte environnementale.</p>





Partie 1

La représentation visuelle

Chapitre 1	Les mécanismes optiques de la vision	PHYSIQUE-CHEMIE	21
Chapitre 2	Les mécanismes nerveux de la vision	SVT	33
Chapitre 3	Couleurs et arts	PHYSIQUE-CHEMIE	44
Chapitre 4	La chimie de la perception visuelle	SVT	55

Partie 1 La représentation visuelle

Les objectifs généraux de cette partie

Ce premier thème est commun aux deux disciplines qui dispensent l'enseignement des sciences dans les séries ES et L. Comme le précise le programme, il ne s'agit pas de juxtaposer sans concertation un enseignement de Physique-Chimie d'une part et un enseignement de Sciences de la vie et de la Terre d'autre part. L'écriture du programme propose une approche croisée, chaque discipline ayant des apports spécifiques mais complémentaires, construisant par convergence un ensemble cohérent.

Les professeurs ont donc la liberté d'organisation et de répartition des différents aspects de ce thème. Cependant, il apparaît clairement que tout ce qui concerne **l'optique de la vision, les pigments et les colorants** relève de la Physique-Chimie tandis que **les aspects nerveux de la vision, l'influence des drogues** concernent les Sciences de la Vie et de la Terre (voir le préambule concernant ce thème dans le programme officiel).

C'est pourquoi, dans un souci de clarté, tant pour les professeurs que pour les élèves, les quatre chapitres de cette première partie ont été clairement attribués à l'une ou l'autre des deux disciplines.

D'après les instructions données dans le programme, l'ensemble de ce premier thème correspond à environ un tiers du temps annuel. Rappelons aussi que l'ordre dans lequel les thèmes sont traités au cours de l'année scolaire est laissé à l'appréciation des professeurs.

Le **chapitre 1** « Les mécanismes optiques de la vision » débute par une étude anatomique de l'œil uniquement destinée à assimiler cet organe à un système optique (l'étude de la rétine sera reprise ultérieurement). On montre alors le principe de la formation d'une image, la nécessité d'une accommodation. Les défauts tels que l'hypermétropie, la myopie et la presbytie sont ensuite expliqués ainsi que les principes de leur correction. Les pages « Des clés pour... » proposent une approche historique de la vision qui pourra être utilisée de diverses manières, soit au tout début, pour motiver l'étude, soit au contraire en complément des connaissances fondamentales de ce chapitre. Ce chapitre permet, à plusieurs reprises, de montrer l'intérêt d'utiliser des modèles analogiques.

Le **chapitre 2** s'intéresse aux mécanismes biologiques de la vision : ils 'agit de montrer le rôle de la rétine en rompant avec l'idée simpliste de rôle d' « écran » sur lequel une image se forme pour bien montrer que la vision est un mécanisme nerveux et que la rétine joue avant tout un rôle de récepteur sensoriel, générant un message nerveux. On montre ensuite toute la différence qu'il y a entre sensibilité à un stimulus et perception sensorielle élaborée : on comprend en effet que cette dernière est une construction cérébrale. L'exemple du langage (reconnaissance des mots), très motivant pour les élèves de cette section, permet d'illustrer concrètement la notion de plasticité cérébrale. Enfin, on profite de cette étude pour faire constater aux élèves que la vision humaine, telle que nous la connaissons, est le résultat d'une évolution biologique : l'étude comparée de la vision constitue en effet un argument pour situer l'espèce humaine au sein du groupe des primates. Ce chapitre permet de développer diverses capacités pratiques : observation de

documents scientifiques (électronographies, imagerie médicale...) utilisation de logiciels de traitement de données notamment.

Le **chapitre 3** concerne la chimie des pigments et des colorants. On cherche d'abord à comprendre ce qu'est la couleur de la matière. Après avoir défini la nature de la lumière, on explique la différence entre synthèse soustractive et synthèse additive. L'application à la peinture et à l'impression permet d'établir le lien avec l'art. Une approche historique est proposée dans les doubles pages d'activités mais on trouvera aussi des compléments dans les pages « Des clés pour... », en fin de chapitre. Ce chapitre permet de mettre en œuvre des capacités expérimentales :

- fabrication d'une peinture à l'huile,
- préparation d'un colorant,
- influence de différents facteurs sur la couleur, etc.

Le **chapitre 4**, sous le titre « La chimie de la perception visuelle », propose une explication biologique de l'intervention de substances chimiques dans la vision. Des connaissances sur la transmission synaptique seront alors données, de façon à expliquer comment certaines drogues peuvent provoquer des hallucinations. On reste donc ici dans le cadre du fonctionnement nerveux. Ce chapitre permet de développer un important volet « éducation à la santé » en montrant le danger des drogues, tant pour soi que pour autrui.

Une correspondance entre le programme officiel et les chapitres du manuel

Connaissances	Les chapitres du manuel
<p><i>L'œil : système optique et formation des images</i></p> <p>Conditions de visibilité d'un objet. Approche historique de la conception de la vision. Modèle réduit de l'œil. Lentilles minces convergentes, divergentes. Éléments caractéristiques d'une lentille mince convergente : centre optique, axe optique, foyers, distance focale. Construction géométrique de l'image d'un petit objet-plan donnée par une lentille convergente.</p> <p><i>L'œil, accommodation, défauts et corrections</i></p> <p>Formation des images sur la rétine ; nécessité de l'accommodation. Punctum proximum et punctum remotum. Défauts de l'œil : myopie, hypermétropie et presbytie. Principe de correction de ces défauts par des lentilles minces ou par modification de la courbure de la cornée ; vergence.</p>	<p>chapitre 1</p> <p>Les mécanismes optiques de la vision (pages 12-29)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 La formation des images dans l'œil Act. 2 Des conditions pour qu'un objet soit vu Act. 3 Les lentilles modifient le trajet de la lumière Act. 4 Une vision nette des objets aux différentes distances Act. 5 Les défauts de la vision</p>

Connaissances	Les chapitres du manuel
<p><i>Des photorécepteurs au cortex visuel</i> La vision du monde dépend des propriétés des photorécepteurs de la rétine. L'étude comparée des pigments rétinien permet de placer l'Homme parmi les primates. Le message nerveux visuel emprunte des voies nerveuses jusqu'au cortex visuel.</p> <p><i>Aires visuelles et perception visuelle</i> L'imagerie fonctionnelle du cerveau permet d'identifier et d'observer des aires spécialisées dans la reconnaissance des couleurs, ou des formes, ou du mouvement.</p> <p><i>Aires cérébrales et plasticité</i> La reconnaissance d'un mot écrit nécessite une collaboration entre aires visuelles, mémoire et des structures liées au langage.</p>	<p>chapitre 2 Les mécanismes nerveux de la vision (pages 30-47) Les activités pratiques Act. 1 La rétine, une mosaïque de photorécepteurs Act. 2 De la rétine au cerveau Act. 3 La vision : une construction cérébrale Act. 4 De la vision au langage. Act. 5 Vision des couleurs et parenté chez les primates</p>
<p><i>Couleurs et arts</i> Colorants et pigments. Approche historique. Influence d'un ou plusieurs paramètres sur la couleur de certaines espèces chimiques. Synthèse soustractive ; synthèse additive. Application à la peinture et à l'impression couleur.</p>	<p>chapitre 3 Couleurs et arts (pages 48-65) Les activités pratiques Act. 1 Les pigments, particules dispersées dans un milieu Act. 2 Les colorants, substances dissoutes dans un milieu Act. 3 Modification de la couleur des espèces chimiques Act. 4 La synthèse additive de lumières colorées Act. 5 Obtenir des couleurs par synthèse soustractive</p>
<p><i>La chimie de la perception</i></p> <p><i>La transmission synaptique</i> La perception repose sur la transmission de messages nerveux, de nature électrique, entre neurones, au niveau de synapses, par l'intermédiaire de substances chimiques : les neurotransmetteurs.</p> <p><i>Les perturbations chimiques de la perception</i> Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent. Leur consommation entraîne des troubles du fonctionnement général de l'organisme, une forte accoutumance ainsi que des « flash-back » imprévisibles.</p>	<p>chapitre 4 La chimie de la perception visuelle (pages 66-79) Les activités pratiques Act. 1 La transmission du message nerveux visuel Act. 2 Des substances qui perturbent la vision Act. 3 Rester maître de soi</p>

Les mécanismes optiques de la vision

Activités pratiques

1

La formation des images dans l'œil (p. 14-15)

Connaissances	Capacités et attitudes
Dans sa composante sciences physiques et chimiques, l'objectif de ce thème est d'amener l'élève à comprendre : le fonctionnement de l'œil en tant qu'appareil optique.	

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est, pour débiter cette partie de programme, de présenter la constitution de l'œil humain et d'indiquer qu'il forme sur sa rétine une image renversée et plus petite que l'objet observé.

Le **document 1** présente d'abord la structure externe de l'œil humain, puis la structure interne en utilisant une maquette dite « œil biologique ».

Le **document 2** fournit à la fois la photo d'une coupe transversale de cet œil, mettant en évidence le cristallin, et un croquis permettant d'introduire le vocabulaire nécessaire tant en Physique-chimie qu'en Sciences et vie de la Terre.

Le **document 3** montre, en utilisant un œil de mammifère, que l'image se forme sur la rétine et qu'elle est renversée et plus petite que l'objet regardé.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les variations de diamètre de la pupille permettent d'ajuster la quantité de lumière pénétrant dans le globe oculaire. Le diamètre de la pupille diminue quand la luminosité augmente de façon que la puissance lumineuse reçue sur la rétine soit la plus constante possible.

2. Les milieux transparents traversés par un rayon lumineux qui pénètre dans l'œil sont : la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée. Ils jouent dans l'œil le rôle d'une lentille convergente.

3. La partie de l'appareil photographique correspondant à la rétine est la pellicule pour un appareil argentique et les photo-capteurs pour un appareil numérique.

3. Ressources complémentaires

- **Matériel :**

Maquette dite « œil biologique » de Jeulin.

- **Manuel numérique Bordas :**

Vidéo : « La dissection de l'œil ».

- **Livre :**

Archéologie de la vision, Gérard Simon, collection « Des travaux », éditions du Seuil.

Des conditions pour qu'un objet soit vu (p. 16-17)

Connaissances	Capacités et attitudes
Conditions de visibilité d'un objet.	Exploiter les conditions de visibilité d'un objet.

1. Les intentions pédagogiques

On différencie d'abord les objets lumineux et les objets éclairés en insistant pour les seconds sur la diffusion, on montre ensuite que l'œil forme indifféremment les images de ces deux types d'objets ; on les décrira comme étant constitués d'une juxtaposition de points lumineux. Ces derniers enverront chacun par la pupille de l'œil un faisceau lumineux d'autant moins ouvert que l'objet est plus lointain.

Le **document 1** permet d'effectuer un rappel des connaissances acquises dans les classes de 5^e et de 4^e : distinction entre objets lumineux et objets éclairés.

Le **document 2**, en plus de la notion de propagation rectiligne dans un milieu transparent homogène mis en évidence par de la poussière de craie, explique la diffusion lumineuse sur un objet éclairé à surface opaque et non polie. La poussière de craie peut être remplacée par des gouttelettes d'eau produites par une bombe aérosol.

Le **document 3** donne une première explication de la formation de l'image renversée obtenue sur la rétine du chapitre 1 :

- représentation du faisceau lumineux divergent issu d'un point A d'un objet et pénétrant par la pupille de l'œil ;
- représentation du faisceau lumineux convergent correspondant, formant le point image sur la rétine grâce à la convergence de l'œil matérialisée par une lentille convergente.

Le **document 4** montre que plus un point objet est éloigné de l'œil, plus les faisceaux lumineux divergents issus de ses points et pénétrant dans la pupille ont une ouverture faible ; cette ouverture devient nulle si l'objet est lointain (le faisceau est alors parallèle).

2. Les pistes d'exploitation

1. La Lune est un bon exemple de corps éclairé. Les rayons lumineux qui éclairent la Lune proviennent naturellement du Soleil. Il arrive cependant que la partie non éclairée par le Soleil soit légèrement lumineuse (Lune cendrée) : ce faible éclairage est dû à la Terre (c'est le clair de Terre vu de la Lune).

On peut aussi faire réfléchir les élèves sur la notion d'incandescence.

2. Nous ne voyons la trajectoire du laser que si de la lumière est renvoyée vers nos yeux. Sans particules solides ou liquides dans l'air, le laser n'est pas « visible ». On attend de l'élève qu'il emploie le terme *diffusion*.

Des lasers sont d'ailleurs employés pour évaluer le taux de particules contenues dans l'atmosphère.

On peut aussi expliquer que, par temps très clair, les phares de voiture éclairent bien la route, mais sur le côté, le faisceau est à peine visible ; en revanche, par temps de

brouillard, le faisceau est très visible sur le côté, mais la route n'est plus éclairée.

3. C'est un réinvestissement de la page précédente. On peut aussi poser la même question à propos du corps de la bougie qui est, lui, un objet éclairé.

4. Plus l'angle α est petit, moins le faisceau contient de rayons et donc moins le point A paraît lumineux.

3. Information complémentaire

■ **Précautions d'emploi d'un L.A.S.E.R. :**

un pinceau L.A.S.E.R. ne doit pas pénétrer dans un œil au risque de provoquer une brûlure irréversible de la rétine. Pour ce faire, il faut non seulement que le visage ne soit jamais à hauteur du laser, mais aussi que le pinceau n'atteigne pas de surfaces réfléchissantes (verre de montre, bijoux, vitre...).

Les lentilles modifient le trajet de la lumière (p. 18-19)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Lentilles convergentes et divergentes. - Éléments caractéristiques d'une lentille mince convergente : centre optique, axe optique, foyers, distance focale. - Construction de l'image d'un petit objet-plan donnée par une lentille convergente. - Vergence. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître la nature convergente ou divergente d'une lentille mince. - Représenter symboliquement une lentille mince convergente ou divergente. - Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente. - Exploiter la relation liant la vergence et la distance focale.

1. Les intentions pédagogiques

Puisque l'œil se comporte comme une lentille convergente et que ses éventuels défauts seront corrigés par des lentilles, nous sommes conduits à étudier les propriétés de ces dernières :

- distinction entre lentilles convergentes et lentilles divergentes tant par leur aspect que par leur action sur un faisceau lumineux parallèle ;
- construction de l'image donnée par une lentille convergente d'un objet proche en utilisant les rayons dont on connaît la marche.

Le **document 1** montre qu'une lentille convergente et une lentille divergente n'ont pas la même structure, ni le même comportement lorsqu'on observe un texte à travers elles.

Le **document 2** indique qu'une lentille convergente et une lentille divergente n'ont pas le même comportement vis-à-vis d'un faisceau parallèle. De plus, il montre que si une lentille convergente est plus épaisse, elle fait converger le faisceau émergent plus tôt.

Le **document 3** donne les caractéristiques d'une lentille convergente (axe optique, centre optique, foyer image, distance focale) et indique la marche de deux rayons particuliers (celui qui passe par le centre optique et celui qui est parallèle à l'axe optique). Comme elle n'est pas nécessaire à la construction de l'image d'un objet, la notion de foyer objet n'a pas été introduite.

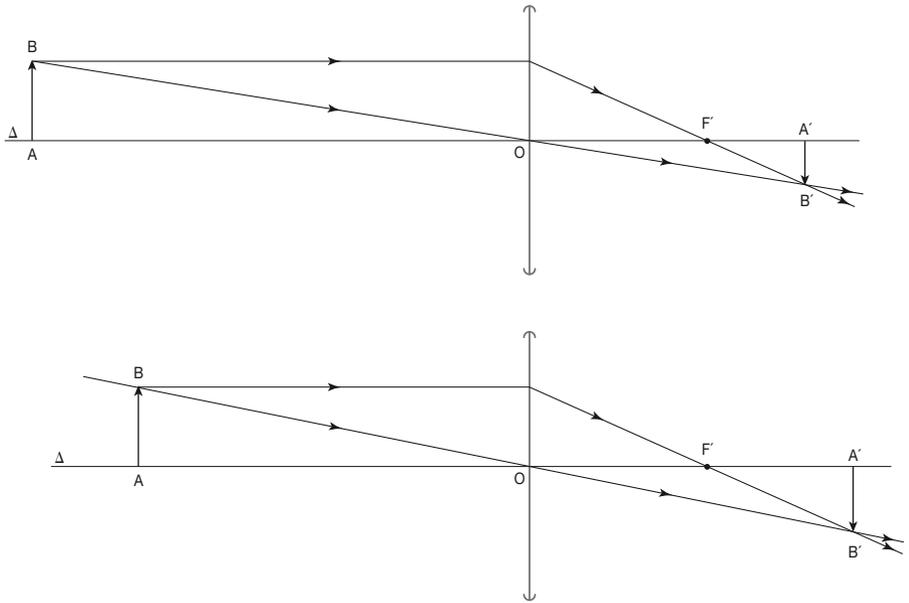
En s'appuyant sur l'observation du document 3, le **document 4** indique la technique pour représenter l'image donnée par une lentille convergente d'un objet proche ; ainsi, on peut expliquer pourquoi l'image formée sur la rétine de l'œil est renversée. De plus, la distance focale de la lentille convergente étant conservée, on peut constater que l'image d'un objet proche est en arrière du foyer image.

2. Les pistes d'exploitation

1. Une lentille convergente donne une image grossie du texte : elle se comporte donc comme une loupe.
2. Un faisceau incident parallèle émerge convergent d'une lentille convergente, mais devient divergent au-delà du foyer image.

3. La vergence est l'inverse de la distance ; si la distance focale de la deuxième lentille est plus courte, sa vergence est plus forte.

4. Lorsque la distance de l'objet AB à la lentille diminue, celle de l'image A'B' à la lentille augmente.



3. Ressource complémentaire

- Une **applet java** peut permettre aux élèves de s'entraîner à construire des images : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/optique/optique.html>
En cliquant sur « modes », il est possible de faire disparaître le faisceau.

Une vision nette des objets aux différentes distances (p. 20-21)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Modèle de l'œil réduit. - Punctum proximum et punctum remotum. 	<ul style="list-style-type: none"> - Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel. - Modéliser l'accommodation du cristallin.

1. Les intentions pédagogiques

En s'appuyant sur les acquis précédents, le modèle optique de l'œil (œil réduit) est défini ; la nécessité de l'accommodation pour observer des objets proches est ensuite mise en évidence. Le punctum remotum et le punctum proximum sont introduits de même que l'éloignement de ce dernier avec l'âge (ce qui aboutit à terme à la presbytie).

La maquette de l'œil du **document 1** indique le fait qu'un œil normal au repos effectue spontanément la mise au point sur les objets éloignés. Il suggère donc la nécessité d'une modification des caractéristiques optiques de l'œil pour l'observation d'objets proches (cette modification ne pouvant être le recul de la rétine qui nécessiterait une déformation du globe oculaire).

Le **document 2** présente l'œil réduit ; il est à noter que la lentille ne représente pas seulement le cristallin, mais aussi les autres milieux transparents de l'œil (cornée, humeur aqueuse, humeur vitrée) qui jouent un rôle dans la réfraction. Les deux constructions de droite expliquent la situation du document 1 et posent ainsi précisément la problématique.

Dans le **document 3**, on utilise une autre maquette qui matérialise au plus près l'œil réduit (maquette Jeulin) et dont on donne le mode d'emploi. La photo de gauche décrit le dispositif. En comparant le document **b** au document **a**, on peut constater que l'injection d'eau dans la lentille grâce à la seringue permet d'augmenter son épaisseur (et donc sa vergence) et ainsi d'effectuer une mise au point correcte de l'image sur la rétine.

La « poche remplie d'eau » a une convergence qui ne correspond pas uniquement à celle du cristallin mais à celle de l'ensemble des milieux transparents de l'œil ; en revanche, quand on augmente son épaisseur en injectant de l'eau, on modélise la déformation du cristallin lors de l'accommodation.

Le **document 4** indique que l'accommodation a une limite. La distance minimale de vision distincte (distance entre l'œil et le punctum proximum) est d'abord présentée ; ensuite, son augmentation avec l'âge est chiffrée sur un graphe. La presbytie est ici seulement suggérée ; elle ne sera développée que dans l'activité 5.

2. Les pistes d'exploitation

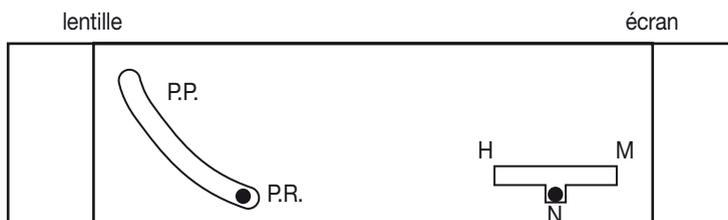
1. L'observation du gros plan de l'écran de la maquette permet de constater que la mise au point est réalisée pour les deux clochers, mais pas pour la règle.
2. Le faisceau incident issu d'un point proche est divergent au lieu d'être parallèle ; le faisceau émergent converge donc derrière la rétine pour former le point image.

3. L'objet étant proche, l'image est derrière la rétine ; on obtient donc sur la rétine une juxtaposition de taches (vision floue) et non une juxtaposition de points (vision nette).

4. La gêne pour lire se rencontre vers 45 ans.

3. Ressources complémentaires

- La maquette du document 1 a été fabriquée par le C.R.D.P. de Limoges.



- L'écran est en papier millimétré translucide.
- La lentille peut être déplacée pour réaliser l'accommodation et ainsi mettre en évidence le punctum remotum **P.R.** et le punctum proximum **P.P.** (environ 25 cm).
- L'écran peut être déplacé pour mettre en évidence la myopie **M** et l'hypermétropie **H** ; **N** est la position de l'œil normal.

Dans le document 1, la maquette est dans la situation indiquée sur le croquis et ne permet donc d'obtenir une vision nette que lorsque l'objet est lointain.

Les défauts de la vision (p. 22-23)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Défauts de l'œil : myopie, hypermétropie, presbytie. - Principe de correction de ces défauts par des lentilles minces. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître la nature du défaut d'un œil à partir des domaines de vision et inversement. - Associer à chaque défaut un ou plusieurs modes de corrections possibles.

1. Les intentions pédagogiques

Les défauts de l'œil (hypermétropie et myopie) sont étudiés ainsi que leur correction. La presbytie de l'œil normal est ensuite traitée.

Grâce au **document 1**, on constate qu'un œil hypermétrope ne fournit aucune vision nette lorsqu'il n'accommode pas, puis on en explique la raison (le foyer image est en arrière de la rétine) ; l'œil est appelé *hypermétrope* car sa distance focale est excessive par rapport à la dimension de l'œil.

Dans le **document 2**, la maquette « Jeulin » est présentée piston de la seringue non enfoncé (l'œil n'accommode pas), mais la distance rétine/lentille a été diminuée.

Pour mettre en évidence l'hypermétropie, il a été fait ici le choix de réduire la dimension de l'œil ; un œil de dimension normale dont ses milieux transparents ne sont pas assez convergents est aussi hypermétrope. L'important est que l'élève sache que le foyer image d'un œil hypermétrope est en arrière de la rétine.

N'étant pas assez convergent, l'œil est corrigé en ajoutant une lentille convergente de vergence adaptée. Ensuite, est présentée de façon amusante la correction des défauts d'un œil (verre de lunette ou lentille de contact).

Par le **document 3**, on constate qu'un œil myope au repos n'obtient pas de vision nette pour un objet lointain, mais peut obtenir une vision nette pour un objet proche (ici le plan de la ville).

Ensuite une construction explique qu'un œil myope est trop convergent. En s'appuyant sur le document 2 page 20, l'élève doit comprendre qu'un objet proche situé à la bonne distance donnera une vision nette ; le punctum remotum est alors introduit (proche pour un œil myope, à l'infini pour un œil normal).

Comme dans le document 2, en s'appuyant sur la maquette « Jeulin » (la distance rétine/lentille a été ici augmentée), on présente l'œil myope au repos sans et avec correction (au moyen d'une lentille divergente adaptée).

Pour mettre en évidence la myopie, il a été fait le choix d'augmenter la dimension de l'œil ; un œil de dimension normale dont ses milieux transparents sont trop convergents est aussi myope. L'important est que l'élève sache que le foyer image d'un œil myope est en avant de la rétine.

L'œil myope pourrait être nommé *hypométrope* (distance focale insuffisante). Le terme *myope* signifie en latin et en grec « qui cligne des yeux » ; en effet, pour un myope, un objet lointain est vu flou, accommodation ou pas : il essaie donc de forcer son regard en clignant des yeux.

Le **document 4** donne quelques informations sur la presbytie ; cela prolonge le document 4 page 21.

2. Les pistes d'exploitation

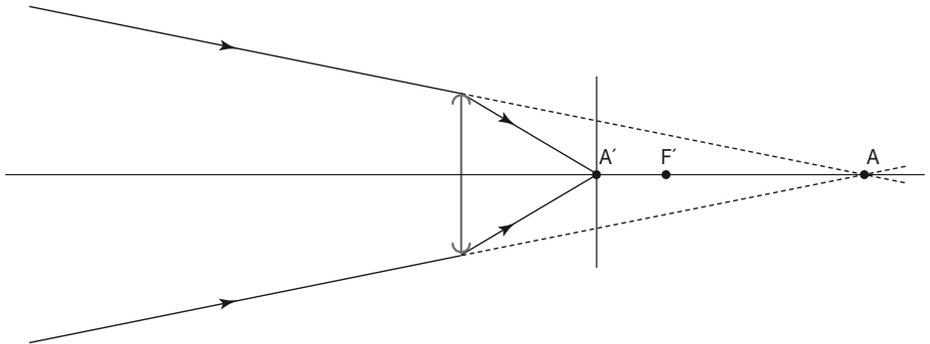
1. L'image se forme en arrière de la rétine, la vision est donc floue.
2. L'œil n'est assez convergent ; la correction se réalise avec une lentille convergente.
3. L'image se forme en avant de la rétine, la vision est donc floue. L'œil est trop convergent ; la correction se réalise avec une lentille divergente.
4. La cause de la presbytie est double : diminution de la souplesse du cristallin, muscles ciliaires moins efficaces.

3. Informations complémentaires

■ Le punctum remotum d'un œil hypermétrope est virtuel.

Le punctum remotum est la position de l'objet qui donne une image sur la rétine sans accommoder.

Sans accommoder, l'œil hypermétrope donne d'un objet à l'infini une image derrière la rétine : le faisceau incident parallèle ne produit pas un faisceau émergent suffisamment convergent. Il faut donc que le faisceau incident soit convergent ; l'objet est donc en arrière du foyer image de l'œil (il est virtuel).



■ La presbytie n'est pas vraiment un défaut.

Un œil est normal lorsque sa vision est nette à l'infini sans accommoder, autrement dit lorsque son punctum est à l'infini.

La presbytie limite l'accommodation et éloigne donc le punctum proximum, mais laisse inchangé le punctum remotum.

La correction des exercices 1 à 6 figure dans le manuel de l'élève p. 230.

7 La propagation de la lumière

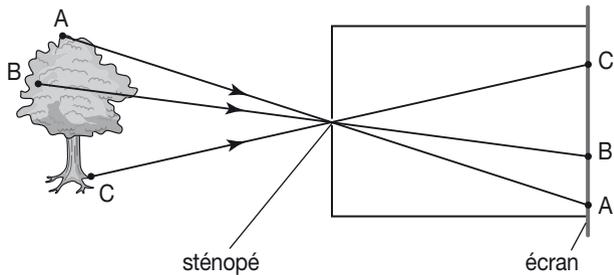
Cet exercice très simple a pour but d'identifier l'objet lumineux, l'objet éclairé et de faire retrouver le sens de propagation de la lumière.

1. Objet lumineux : lampe ; objet éclairé : livre.
2. Le dessin **c** correspond à la réalité physique.

8 La camera obscura

Cet exercice a pour but d'utiliser la propagation rectiligne de la lumière et la notion de flou.

1. Voir ci-dessous :



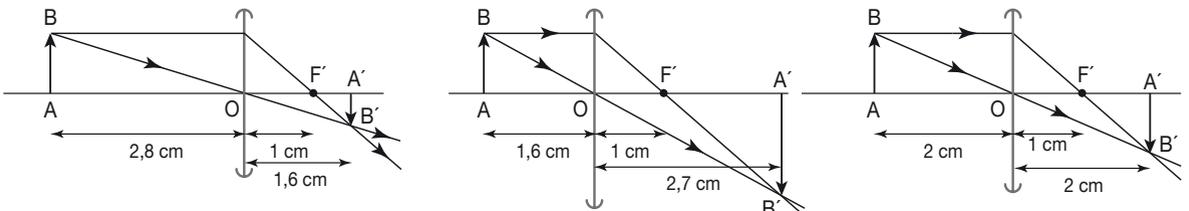
2. L'image est renversée.
3. L'agrandissement du sténopé conduit non plus à des points sur l'écran, mais à des taches qui vont se chevaucher ; ainsi, l'image deviendra floue.

9 Rechercher une image

Cet exercice permet la construction d'une image ; les rayons représentés apportent une aide à l'élève.

Après avoir réalisé la construction, l'élève pourra constater que plus l'objet est proche, plus l'image est lointaine et grande.

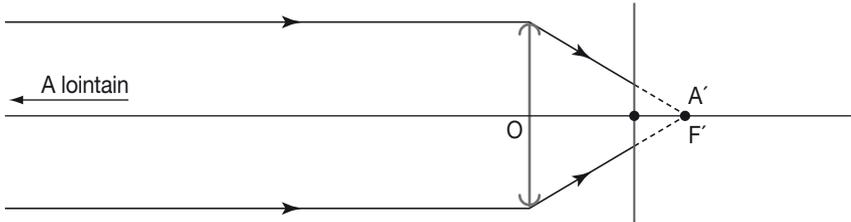
Il est demandé également de remarquer que la première situation présente une image plus petite que l'objet, la deuxième plus grande et la troisième de même taille (position de Silbermann).



10 Correction d'un œil hypermétrope

Cet exercice a pour but de représenter l'œil réduit hypermétrope de distance focale 17,6 mm, puis de déterminer la vergence de l'œil normal et de l'œil hypermétrope, et enfin de calculer la vergence de la lentille de correction.

1. On n'obtient pas sur la rétine un point image, mais une tache image. Les taches images s'enchevêtrent les unes les autres : l'image est floue.



2. La vergence de l'œil normal est $58,8 \delta$; celle de l'œil hypermétrope est $56,8 \delta$.

3. L'œil hypermétrope n'est assez convergent ; il faut le corriger avec une lentille convergente. Sa vergence doit être $58,8 - 56,8 = 2,0 \delta$.

Les mécanismes nerveux de la vision

Activités pratiques

1

La rétine, une mosaïque de photorécepteurs (p. 32-33)

Connaissances	Capacités et attitudes
La vision du monde dépend des propriétés des photorécepteurs de la rétine.	<ul style="list-style-type: none"> – Déterminer les rôles des photorécepteurs et de l'organisation anatomique des voies visuelles dans la perception d'une image. – Relier certaines caractéristiques de la vision à certaines propriétés et à la répartition des photorécepteurs de la rétine.

1. Les intentions pédagogiques

Après avoir découvert l'organisation de l'œil sur le plan de l'optique, on cherche au cours de cette activité à déterminer le rôle de la rétine et à relier son organisation aux propriétés de la vision.

Le **document 1** permet de découvrir les cellules photoréceptrices de la rétine, des cônes et des bâtonnets, vus à plat ou en coupe. Il est ainsi possible de se rendre visuellement compte de la densité relative de ces deux types de photorécepteurs. Les propriétés des photorécepteurs indiquées sous les photographies seront reliées aux informations des documents 2 et 3 afin d'établir quelques propriétés de la vision.

L'étude de l'organisation de la rétine en elle-même (plusieurs couches de neurones) n'est pas nécessaire (elle n'apporte rien concernant la problématique de cette activité) et ne figure d'ailleurs pas au programme. L'exercice 7, page 47, permet cependant d'aller un peu plus loin pour ceux qui souhaiteraient cet approfondissement.

Le **document 2** permet de mettre en évidence la différence d'acuité visuelle entre la vision centrale et la vision périphérique. Le graphique est accompagné d'une schématisation « à plat » de cette répartition, que l'on pourra rapprocher facilement de la première photographie du document 1 (mêmes couleurs). À noter qu'on observe non seulement une variation de la densité relative des deux types de photorécepteurs mais aussi une variation importante du diamètre des cônes (les cônes de la fovéa sont beaucoup plus fins). On établit ici une première relation entre les propriétés de la vision et la répartition spatiale des différents photorécepteurs. La mise en relation du graphique montrant l'acuité visuelle en fonction de l'excentricité et la densité des cônes et bâtonnets conduit à la compréhension de l'importance de la fovéa dans la vision diurne : la fovéa correspond à la densité maximale des cônes, permettant la vision en couleurs avec la meilleure acuité. Il faut bien faire comprendre que l'essentiel de la vision diurne implique cette zone restreinte de la rétine (d'où les conséquences de la DMLA).

Le **document 3**, mis en relation avec les deux autres, permet une comparaison de la

vision nocturne et de la vision diurne. Comme la vision nocturne fait appel aux bâtonnets, actifs seulement pour un faible éclaircissement et que ceux-ci ne permettent pas la perception des couleurs, cette dimension de la vision du monde n'est pas perceptible dans de telles conditions. L'étude de la répartition des bâtonnets dans la rétine (doc. 2) reliée aux informations de ce document permet de montrer que la meilleure acuité visuelle nocturne est obtenue quand les objets observés ne sont pas situés sur l'axe optique. C'est pour une excentricité de 20 degrés que l'image d'un objet se forme sur la rétine dans la zone où elle comporte la densité maximale des bâtonnets.

Cependant, dès que les conditions d'éclaircissement sont suffisantes, c'est la vision diurne impliquant les cônes qui est mise en œuvre (les bâtonnets sont alors saturés et inopérants). La complémentarité des deux types de photorécepteurs rétiniens est ainsi mise en évidence.

2. Les pistes de travail

1. Le terme de « photorécepteurs » est employé pour ces cellules sensibles de la rétine puisque c'est la perception de signaux lumineux qui déclenche de leur part l'émission d'un message nerveux à destination du cerveau. En effet, ces cellules ont la particularité de renfermer un pigment photosensible.

2. La lecture nécessite un bon éclaircissement puisqu'elle est réalisée par les cônes (photorécepteurs ultramajoritaires dans la fovéa), qui sont peu sensibles (moins que les bâtonnets). Or, cette zone où la densité des cônes est maximale est de petite taille : pour que l'image du texte se forme continuellement sur cette zone, l'œil doit suivre la ligne, mot à mot en permanence, de façon très précise.

3. La vision centrale se fait au niveau de la fovéa, surtout garnie de cônes. Ceux-ci étant peu sensibles, elle nécessite un plus fort éclaircissement (vision diurne). Du fait de la densité maximale des cônes, l'acuité visuelle est excellente. Comme cette vision implique les différentes catégories de cônes, la vision des couleurs est possible.

La vision périphérique fait appel aux portions de rétine situées en dehors de la fovéa, et donc plus riches en bâtonnets qu'en cônes. Elle est donc possible même si l'éclaircissement est faible (vision nocturne). Pour la même raison, la vision périphérique est peu précise. Les bâtonnets ne permettent pas de distinguer les couleurs (une seule sorte de photorécepteurs) et la vision s'effectue donc en « nuances de gris ».

4. La DMLA correspond à une disparition progressive, plus ou moins rapide, des cônes de la partie centrale de la rétine. En conséquence, il se forme une tache noire dans le centre du champ visuel. Le handicap est très important car le sujet ne peut, par exemple, plus lire (perte de la partie centrale du champ visuel, très mauvaise acuité de la vision périphérique). Cependant, la cécité ne sera pas totale car les bâtonnets ne sont pas atteints.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas** : Fiche documentaire « Un nouvel implant a permis à un aveugle de déchiffrer des lettres et des mots ».
- **Manuel numérique Bordas** : Fiche documentaire « Une affection chronique, la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) ».
- **Dossier INRP** sur la vision, Françoise Jauzein : http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/vision/index_html
- **Un site sur la DMLA** : <http://www.dmlainfo.fr/>

De la rétine au cerveau (p. 34-35)

Connaissances	Capacités et attitudes
Le message nerveux visuel emprunte des voies nerveuses jusqu'au cortex visuel.	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer les rôles des photorécepteurs et de l'organisation anatomique des voies visuelles dans la perception d'une image. - Relier certaines maladies et certaines anomalies génétiques à des déficiences visuelles.

1. Les intentions pédagogiques

L'activité a pour but de montrer que la vision est, biologiquement, une activité nerveuse : il s'agit donc de présenter les voies le long desquelles circulent les messages nerveux issus de la rétine et de montrer ainsi que voir est une activité impliquant nécessairement une partie du cerveau.

Les auteurs proposent de commencer par montrer que la vision implique le cerveau : ainsi la problématique du lien entre rétine et cerveau et de la nature des messages circulant se trouvera clairement posée. Cette façon de procéder s'inscrit parfaitement dans une démarche d'investigation.

Les images du **document 1** (obtenues par tomographie par émission de positons et IRM) permettent de montrer l'existence d'une spécialisation des régions du cerveau, et en particulier de localiser les aires visuelles au niveau occipital. L'image correspondant aux mots écrits constitue une première approche de la liaison entre vision et langage, détaillée dans l'activité 4.

Le **document 2** permet de préciser les informations tirées du document 1. On y voit que l'aire visuelle occipitale est une carte du champ visuel : à chaque portion du champ visuel (et donc de la rétine) correspond une partie du cortex visuel primaire. On remarque de plus que la portion du champ visuel dont l'image se forme sur la fovéa est celle à laquelle correspond la plus grande surface corticale. Ceci montre la liaison entre la densité des photorécepteurs et la surface corticale correspondante. À ce stade, on se contentera de cette première approche (cortex visuel primaire). Les rôles plus complexes des autres aires visuelles seront envisagés au cours de l'activité suivante.

Le trajet des voies visuelles est présenté sur le **document 3**. La mise en relation des deux images, l'une montrant le point aveugle de la rétine (et donc le départ des fibres nerveuses issues de la rétine), l'autre montrant la suite des voies visuelles, permet de bien visualiser la connexion entre les photorécepteurs rétinien et le cortex occipital. L'existence du « point aveugle » (zone dépourvue de photorécepteurs) pourra être mise en évidence grâce à la célèbre expérience de Mariotte : voir « Des clés pour... mieux comprendre l'histoire des sciences », page 45. C'est bien à ce stade de l'étude que la mise en évidence de cette particularité de la rétine se justifie.

Le **document 4** permet enfin une approche simplifiée de la nature de l'information circulant par les voies visuelles découvertes dans le document 3. Les messages nerveux sont de nature électrique et sont codés en fréquence. En première approche, on

considèrera qu'un stimulus lumineux engendre une salve de potentiels d'action, la réalité étant cependant bien plus complexe. L'essentiel est de bien faire comprendre que ce n'est pas de la lumière qui parvient au cerveau mais un message de nature bioélectrique : la vision est bel et bien un phénomène nerveux.

2. Les pistes de travail

1. L'image obtenue par tomographie par émission de positons alors que l'individu lit des mots montre que l'arrière du cerveau ainsi qu'une zone située sur la partie arrière-droite sont actives. Ce sont les seules zones actives, et elles diffèrent de celles actives lors d'une stimulation auditive. La vision est donc associée à une activité de portions précises du cerveau, qui apparaissent spécialisées dans la fonction visuelle.

2. La zone occipitale (arrière du cerveau) qui est activée par des stimulations visuelles (document 1) est une « cartographie du champ visuel » : chaque secteur de ce cortex correspond à une partie du champ visuel. Les zones du champ visuel correspondant à la fovéa (la partie de rétine la plus riche en cônes) sont « représentées » dans le cerveau par une zone très étendue. On remarque que l'hémisphère cérébral droit correspond au champ visuel gauche.

3. Voir schéma-bilan page 42 : le champ visuel gauche est perçu par les deux moitiés droites des rétines des deux yeux. Les messages nerveux partant de la moitié droite de la rétine de l'œil gauche passent par les fibres du nerf optique gauche et rejoignent les messages issus de la moitié droite de la rétine de l'œil droit et passant, elles, par les fibres du nerf optique droit (jonction au niveau du chiasma optique). Ces deux groupes de fibres sont ensuite reliées au cortex occipital droit (*via* le corps genouillé latéral droit, dont on parlera dans le chapitre 4, page 68).

4. Le message transmis depuis la rétine est composé de signaux électriques dont le nombre est en relation avec l'intensité de la stimulation : c'est un message nerveux. Les stimuli lumineux sont ainsi codés par la fréquence des signaux constituant ce message nerveux.

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

Fiche documentaire « Anton Räderscheidt (1892 - 1970) ».

■ **Site :**

Le cerveau à tous les niveaux : la vision

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_cr/d_02_cr_vis/d_02_cr_vis.html

La vision : une construction cérébrale (p. 36-37)

Connaissances	Capacités et attitudes
L'imagerie fonctionnelle du cerveau permet d'identifier et d'observer des aires spécialisées dans la reconnaissance des couleurs, ou des formes, ou du mouvement.	<ul style="list-style-type: none"> - Relier certaines maladies et certaines anomalies génétiques à des déficiences visuelles. - Expliquer à partir de résultats d'exploration fonctionnelle du cerveau ou d'étude de cas cliniques, la notion de spécialisation fonctionnelle des aires visuelles.

1. Les intentions pédagogiques

Cette activité a pour but de montrer que la perception visuelle est finalement une activité cérébrale et qu'elle est réalisée par des traitements séparés des différents aspects de la scène vue, puis d'une intégration des informations perçues par le cortex visuel à tout instant. Comme les programmes le recommandent, les documents font appel à des études de cas cliniques et à des résultats d'exploration fonctionnelle du cerveau. Les exemples présentés ici s'appuient pour une large part sur les travaux célèbres de Semir Zeki (University College London).

Ainsi, le **document 1** présente le cas d'un individu souffrant d'un défaut de perception des couleurs (identifiable d'après la comparaison du tableau de Mondrian et de sa reproduction) suite à la lésion d'une zone précise du cortex visuel (aire V4). En revanche, les formes, leur position dans le champ visuel, sont bien perçues.

Le **document 2** permet de localiser cette aire visuelle ainsi qu'une seconde aire, cette fois associée à la perception des mouvements. La comparaison de ces images d'exploration fonctionnelle permet de se rendre compte qu'il existe des zones différentes pour traiter deux aspects d'une scène observée, ces deux aires étant situées dans des endroits distincts du cortex visuel. Conformément au programme, il ne s'agit pas ici d'entrer dans une description anatomique du cerveau pour localiser précisément ces aires visuelles. Elles sont citées uniquement pour donner l'idée d'un traitement séparé des informations visuelles.

Le **document 3**, par l'étude d'un second cas clinique, montre l'existence d'une troisième zone spécialisée cette fois dans le traitement des informations relatives aux formes présentes dans une image. En effet, ici, la couleur et le mouvement n'interviennent pas : le sujet est incapable de reconnaître les objets à leur seule forme. Dans leur vécu quotidien, les sujets atteints de tels troubles utilisent souvent uniquement la couleur pour identifier les objets, ce qui conduit, inévitablement, à de nombreuses erreurs. Cette présentation est nécessairement schématique : la réalité est beaucoup plus complexe, plusieurs aires visuelles secondaires pouvant être impliquées dans la vision des couleurs par exemple.

Le **document 4** réalise la synthèse des informations tirées des documents 1, 2 et 3 : trois zones corticales spécialisées traitent chacune une partie des informations de l'image, et l'intégration de ces traitements permet une perception visuelle unique, qui est donc bien une activité cérébrale complète.

Cette activité cérébrale se fait de façon différente d'un individu à l'autre : dans le cas d'une illusion d'« optique » de type image ambiguë, comme celle présentée dans le **document 5**, la même image (et donc la même stimulation rétinienne) ne produit pas la même perception. Chacun intègre dans la perception visuelle des informations qui lui sont propres et qui ne sont pas nécessairement les mêmes d'un individu à un autre.

2. Les pistes de travail

1. Le tableau de Mondrian est caractérisé par sa richesse en couleurs : sa vision « active » l'aire V4 (document 2) tandis qu'une lésion de cette même aire cérébrale se traduit par un déficit de la vision des couleurs du tableau (les autres caractéristiques de la vision comme la forme ou la disposition spatiale n'étant pas affectées). On peut donc penser que V4 est responsable de la vision des couleurs. Le second tableau suggère le mouvement et active l'aire V5. On peut penser que cette aire permet la vision des mouvements.
2. L'aire V3 intervient dans la perception des formes. En effet, les patients qui présentent des lésions dans cette zone cérébrale sont incapables de reconnaître la forme d'un modèle parmi un ensemble de propositions, et se fondent surtout sur la couleur des objets pour les reconnaître.
3. Quand un individu voit une scène, les messages nerveux issus de la rétine arrivent dans la région occipitale du cerveau et activent simultanément plusieurs aires spécialisées. L'aire V3 assure la perception des formes, l'aire V4 celle des couleurs et l'aire V5 celle des mouvements. L'ensemble de ces informations permet de reconnaître l'ensemble des éléments de la scène, aboutissant ainsi à une perception unique, intégrant les différentes informations parvenant au cortex visuel.
4. « Illusion d'optique » n'est pas une expression adaptée ici. Il s'agit plutôt d'une « illusion cérébrale », puisque c'est le cerveau qui perçoit de façon différente les mêmes informations visuelles pour construire les images des deux portraits. C'est finalement le cerveau qui donnera à chacun la perception visuelle de l'image observée.

3. Ressources complémentaires

- **Logiciel de visualisation des données** de neuroimagerie EduAnatomist
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/eduanatomist
- **Banque de données de neuroimagerie :**
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/test-architecture-neuropeda/architecture-de-la-banque-de-donnees-neuropeda-1/architecture-de-la-banque-de-donnees-neuropeda
- **Données de neuroimagerie** sur la vision des couleurs et les aires associées :
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/test-architecture-neuropeda/fiches-pedagogiques/1-irm/1-3-imagerie-fonctionnelle/1-3-1-sensibilite-motricite/1-3-1-3-vision/1-3-1-3-3-vision-des-couleurs/1-3-1-3-3-vision-des-couleurs
- **Données de neuroimagerie** sur la vision des mouvements et les aires associées :
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/test-architecture-neuropeda/fiches-pedagogiques/1-irm/1-3-imagerie-fonctionnelle/1-3-1-sensibilite-motricite/1-3-1-3-vision/1-3-1-3-2-vision-des-mouvements/1-3-1-3-2-vision-des-mouvements
- **Site :** Le cerveau à tous les niveaux : la vision
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_02/d_02_cr/d_02_cr_vis/d_02_cr_vis.html

De la vision au langage (p. 38-39)

Connaissances	Capacités et attitudes
La reconnaissance d'un mot écrit nécessite une collaboration entre les aires visuelles, la mémoire et les structures liées au langage.	Établir les relations entre coopération des aires cérébrales, plasticité des connexions et activité de lecture.

1. Les intentions pédagogiques

Après avoir compris les mécanismes de la vision, et en particulier le fait qu'il s'agisse d'une activité cérébrale, cette quatrième activité a pour objectif de faire une première approche de la relation entre la perception visuelle et le langage écrit. D'une façon plus générale, il s'agira de montrer que le cerveau n'est pas figé mais au contraire doté d'une étonnante « plasticité ».

Le **document 1** met en évidence, à partir d'exemples cliniques, l'existence de deux aires cérébrales (situées dans l'hémisphère cérébral gauche) manifestement spécialisées dans le langage, l'aire de Broca et l'aire de Wernicke. Les informations données permettent d'en préciser les fonctions. Historiquement (en 1861), l'aire de Broca a d'abord été considérée comme le centre unique du langage. Dix ans plus tard, les découvertes effectuées par Wernicke montraient déjà une réalité plus complexe.

Il est important de bien comprendre que les lésions de l'aire de Broca n'affectent en rien la motricité. Cette aire peut être considérée comme celle de la « planification » de la prononciation des mots reconnus. L'aire de Wernicke joue, quant à elle, un rôle dans la compréhension des mots lus. Il peut être intéressant de noter que ces aires sont également en activité chez les sourds-muets qui s'expriment en langage des signes.

Il est donc établi que la reconnaissance d'un mot écrit implique plusieurs territoires cérébraux, au-delà des simples aires visuelles. Cependant, cette approche, qui attribue un rôle précis et successif à différents territoires cérébraux a ses limites : les études actuelles sur le langage montrent un fonctionnement beaucoup plus complexe, impliquant simultanément différents circuits neuronaux.

Le **document 2** permet de montrer très concrètement que le langage, même à un niveau élémentaire, est effectivement une activité complexe. Ce test doit être effectué assez rapidement et sans essai préalable.

Pour les deux premières lignes il y a concordance entre le sens du mot écrit et sa couleur. Il y a au contraire discordance dans les trois lignes suivantes.

Tous les sujets vont donc énoncer correctement la couleur des mots écrits sur les deux premières lignes. En revanche, pour les trois lignes suivantes :

- les sujets qui ne maîtrisent pas le langage (par exemple les enfants qui ne savent pas encore lire) vont sans problème énoncer la couleur du mot écrit ;
- les sujets qui savent bien lire vont au contraire percevoir deux informations contradictoires puisqu'il n'y pas cohérence entre le sens du mot et sa couleur. On constate alors souvent un temps de réflexion ou d'hésitation avant la production d'une réponse.

La seconde partie de l'activité illustre la plasticité cérébrale à partir de l'exemple de la lecture en braille.

Le **document 3** met en évidence le changement possible de fonction des aires corticales associées à la vision chez les non-voyants. Celles-ci sont en effet sollicitées pour la lecture des mots écrits en braille, c'est-à-dire perçus par l'intermédiaire du sens du toucher. Une sorte de « reprogrammation » des neurones des aires visuelles leur permet d'être utilisés pour une tâche différente, du fait de l'absence de stimulations visuelles reçues par le non-voyant. On pourra y associer le cas étonnant de la « vision avec la langue » présenté page 44 (« Des clés pour... aller plus loin »).

L'expérience récente relatée par le **document 4** montre que cette « reprogrammation » peut avoir lieu chez une personne voyante s'entraînant à lire le braille dans les conditions d'un non-voyant (sans stimulation visuelle). L'intérêt de cette expérience est de démontrer que cette évolution peut se produire très rapidement et de façon transitoire. Une plasticité cérébrale à court terme est ainsi mise en évidence. Elle ne peut donc reposer sur une restructuration anatomique du cerveau mais plutôt sur l'activation de circuits neuronaux déjà existants.

(À noter que dans la première impression du manuel, une erreur s'est glissée concernant la légende du graphique b : pour les sujets témoins, la réponse des neurones du cortex visuel répondant à des stimuli tactiles est de 0 et non de 1. Cette erreur est corrigée dans la réimpression des exemplaires du manuel destinés aux élèves.)

2. Pistes d'exploitation

1. Les lésions de l'aire de Broca perturbent l'élocution mais pas la compréhension, au contraire des lésions de l'aire de Wernicke. L'aire de Wernicke intervient donc dans la compréhension des mots, et l'aire de Broca dans leur prononciation.
2. Un sujet qui sait bien lire tient instantanément compte de deux informations, le sens du mot écrit et la couleur avec laquelle il est écrit. Quand ces deux informations sont contradictoires, une hésitation peut se produire. Ceci prouve donc qu'au moins deux informations sont prises en compte pour la lecture : ici, il s'agit de la reconnaissance du mot (forme et association des lettres) et de sa couleur.
3. Les aires visuelles du patient non-voyant sont actives lorsqu'il lit du braille, ce qui n'est pas le cas pour une personne voyante. Cela signifie que les neurones de cette partie occipitale du cerveau ont changé de fonction : au lieu de traiter les messages nerveux venant de la rétine, ils traitent maintenant ceux qui proviennent des récepteurs tactiles des doigts.
4. Le document 3 montre que les neurones peuvent changer de fonction (être « reprogrammés »), et le document 4 confirme ce fait puisque les personnes voyantes entraînées à lire le braille les yeux bandés voient temporairement certains de leurs neurones normalement impliqués dans la vision se mettre à traiter des informations tactiles. Les aires cérébrales n'ont donc pas une spécialisation stricte et définitive, leur fonction dépend des stimulations sensorielles reçues. C'est la plasticité cérébrale.

3. Ressources complémentaires

- **Livre :**
Les neurones de la lecture, Stanislas Dehaene, Éditions Odile Jacob.
- **Site :**
Le cerveau à tous les niveaux : le langage
http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_10/d_10_cr/d_10_cr_lan/d_10_cr_lan.html

Vision des couleurs et parenté chez les primates (p. 40-41)

Connaissances	Capacités et attitudes
L'étude comparée des pigments rétinien permet de placer l'Homme parmi les primates.	Justifier la place de l'Homme au sein des primates à partir de la comparaison des opsines ou des gènes les codant.

1. Les intentions pédagogiques

En se fondant sur l'étude d'anomalies comme le daltonisme, la dernière activité de ce chapitre permet d'aller un peu plus loin en ce qui concerne les bases génétiques de la vision des couleurs. Mais l'objectif est surtout de montrer que l'on peut utiliser ce que l'on sait des modalités de la perception des couleurs comme mode d'établissement d'une parenté entre l'Homme et d'autres espèces animales. On montre ainsi que le concept d'évolution repose sur des arguments bien établis. Les auteurs ont pensé judicieux de traiter cet aspect à la fin du chapitre, car il s'agit ici d'un prolongement à l'étude de la vision proprement dite.

Le **document 1** permet de comprendre l'origine des trois pigments contenus dans les différents cônes rétinien et ainsi d'expliquer l'origine génétique du daltonisme. La comparaison de la version trichromate et de la version protanope du célèbre tableau de Monet, *Les Coquelicots*, mise en relation avec les informations sur le daltonisme, montre clairement la déficience de perception du rouge, en relation avec le non-fonctionnement du gène responsable de la production de l'opsine sensible à cette radiation. La comparaison des trois modèles moléculaires montre très visuellement la grande ressemblance entre ces trois protéines, ce qui amène à penser que les gènes qui permettent leur synthèse sont proches, ce qui sera exploré dans l'étude des documents 3 et 4.

Dans cette étude, il convient de bien distinguer :

- l'étude comparée des différentes versions d'un même gène entre plusieurs espèces ;
- la complexification du génome due au phénomène de duplication génique, à l'origine de la vision trichromatique.

Le **document 2** montre la comparaison des séquences des allèles du gène codant pour l'une des opsines pour quatre primates et un mammifère non-primate. La comparaison des portions de séquences montre la grande ressemblance entre les espèces de primates, et un moindre degré avec la Souris ; ces informations sont concordantes avec celles du tableau. On peut ainsi d'ores et déjà regrouper l'Homme avec les autres primates (plus grande proximité qu'avec la Souris) et préciser la place de l'Homme au sein de ce groupe (très grande proximité génétique avec le Chimpanzé).

En reliant les informations du **document 3** avec celles du document 1, on met en évidence que certaines espèces ont acquis un gène supplémentaire, celui de l'opsine V, et donc qu'un enrichissement du génome a eu lieu au cours de l'histoire évolutive des primates, permettant à la plupart d'entre eux de bénéficier d'une vision trichromatique (contrairement à la plupart des mammifères non primates).

Le **document 4** est un arbre phylogénétique simplifié des espèces présentées dans le document 1. Les élèves ont déjà analysé ce type d'arbre au collège en classe de 3^e.

La mise en relation des informations des documents 2 et 3 avec ce dernier document permet de réaliser une synthèse et de montrer la parenté entre les primates trichromates. La Souris et le Saïmiri étant dichromates, l'acquisition du gène de l'opsine V peut donc être située après la divergence de la lignée du Saïmiri. L'Homme est ainsi placé parmi les primates trichromates, comme le Macaque et le Chimpanzé (d'après les documents 2 et 3) et possède une parenté plus étroite avec ce dernier (comme les comparaisons du document 2 le montrent).

2. Pistes d'exploitation

1. Le daltonisme se manifeste par des confusions dans la perception des couleurs du fait de l'absence d'un des trois types de cônes de la rétine (confusion vert / rouge chez les daltoniens protanopes). C'est une anomalie génétique puisqu'elle est due au non-fonctionnement d'un des trois gènes responsables de la production d'opsines, pigments photosensibles responsables de la sensibilité des cônes à certaines radiations lumineuses.
2. Les ressemblances entre ces gènes sont très importantes et ne peuvent s'expliquer que par des relations de parenté entre les espèces considérées. La comparaison montre que le gène humain ressemble plus à celui du Chimpanzé, mais est aussi très proche de celui des deux autres primates (le gène de la Souris étant plus éloigné). Cela montre une parenté proche entre l'Homme et les autres primates (plus de 93 % de ressemblance entre leurs gènes de l'opsine sensible au bleu).
3. La vision des couleurs s'accompagne d'un enrichissement du génome, car on constate que l'Homme et les primates les plus proches (Macaque et Chimpanzé) ont une vision trichromatique (fondée sur la perception de trois couleurs)... En effet, ils possèdent un gène supplémentaire par rapport aux autres espèces citées dans le document (Saïmiri et Souris) qui ont, elles, une vision dichromatique.
4. L'Homme est placé dans l'arbre à côté du Chimpanzé et du Macaque, car ils ont tous les trois une vision trichromatique (doc. 4) et ont donc tous trois le gène de l'opsine sensible au vert (doc. 3). L'Homme est par ailleurs placé à côté du Chimpanzé, avec qui il possède le plus de ressemblance pour le gène de l'opsine sensible au bleu (doc. 2).

3. Ressources complémentaires

- **Logiciel Anagène :**
comparaison des gènes de l'opsine S (sensible au bleu).

La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève page 230.

6 Le diamètre apparent de la Lune

- a. Faux. La Lune n'est pas plus proche lorsqu'elle est plus basse sur l'horizon.
- b. Faux. Aucun phénomène optique ne peut expliquer cette observation.
- c. Vrai. C'est le cerveau qui exagère la perception du diamètre apparent de la Lune.
- d. Vrai. Le cerveau crée la perception visuelle du diamètre de la Lune d'après la vision de la Lune bien entendu, mais aussi en tenant compte des autres objets perçus au premier plan.

7 Acuité visuelle et structure de la rétine

1. Dans la région de la fovéa, la rétine ne comporte que des cônes, en forte densité (180 000 par mm^2). Chaque cône est relié à un neurone intermédiaire et finalement à une fibre du nerf optique.

En région périphérique, la très grande majorité des photorécepteurs sont des bâtonnets (20 fois plus de bâtonnets que de cônes). Le câblage s'établit par convergence, de telle sorte qu'une même fibre du nerf optique transmet les messages issus de plusieurs bâtonnets.

2. Les cônes permettent une meilleure acuité visuelle. Dans la fovéa, leur nombre, leur petite dimension et le câblage de la rétine permettent de transmettre au cerveau des informations différentes pour des points très rapprochés. En région périphérique, la perception par les bâtonnets, moins nombreux, plus gros et convergents ne permet pas une telle acuité visuelle : des points rapprochés donneront naissance à un message finalement transmis par la même fibre du nerf optique et ne seront donc pas distingués les uns des autres.

8 La lecture recycle une partie du système visuel

D'après cette étude, l'apprentissage de la lecture reposerait sur le phénomène de plasticité cérébrale. En effet, il n'existerait pas dès la naissance une aire cérébrale dont le rôle serait prédéterminé pour la lecture : chez les personnes illettrées, cette zone est utilisée pour la reconnaissance des visages. La zone de reconnaissance des mots, que l'on trouve chez les personnes sachant lire, se formerait par reconversion d'une partie de la zone initialement dévolue à la reconnaissance des visages. Elle est plus importante si la personne sait bien lire. Cette reconversion, qui témoigne de la plasticité du cerveau, est possible chez l'adulte comme pendant l'enfance.

Couleurs et arts

Activités pratiques

1

Les pigments, particules dispersées dans un milieu (p. 50-51)

Connaissances	Capacités et attitudes
Pigments.	Rechercher et exploiter des informations sur les pigments et leur utilisation dans les arts.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est d'indiquer l'emploi de pigments dans les différents types de peinture puis de fabriquer un pigment (le jaune de cadmium) et enfin de préparer une peinture à l'huile à l'aide de ce pigment.

Le **document 1** présente d'abord les quatre catégories de peintures, contenant toutes le pigment jaune de cadmium. Pour illustrer ce pigment, une œuvre de Van Gogh est présentée.

Le **document 2** indique que de nouvelles couleurs peuvent être obtenues en mélangeant des couleurs sur une palette. Le rôle de l'apparition du tube de peinture en étain est évoqué.

Le **document 3** décrit la fabrication du jaune de cadmium par mélange de deux solutions à $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (le nitrate de cadmium et le sulfure de sodium).

Le **document 4** décrit la fabrication d'une peinture à l'huile jaune de cadmium ; on peut remplacer l'huile de lin par l'huile d'œillette.

2. Les pistes d'exploitation

1. La gomme est appelée *gomme arabique* ; elle servit dès l'Égypte ancienne pour la réalisation de détrempez. Elle est actuellement récoltée au Sénégal et au Soudan sur des arbres de la famille des acacias.

2. L'impressionnisme est un mouvement pictural français né de l'association de quelques artistes de la seconde moitié du XIX^e siècle. Fortement critiqué à ses débuts, ce mouvement se manifesta notamment de 1874 à 1886 par huit expositions publiques à Paris, et marqua la rupture de l'art moderne avec l'Académisme. L'impressionnisme est notamment caractérisé par une tendance à noter les impressions fugitives, la mobilité des phénomènes, plutôt que l'aspect stable et conceptuel des choses, et à les reporter directement sur la toile.

Le pointillisme est une technique de peinture issue du mouvement impressionniste qui consiste à peindre par juxtaposition de petites touches de peinture de couleurs

primaires (rouge, bleu et jaune) et de couleurs complémentaires (orange, violet et vert).

Le fauvisme est un courant de peinture du début du XX^e siècle. Il débuta historiquement à l'automne 1905, lors d'un salon qui créa un scandale, pour s'achever moins de dix ans plus tard, au début des années 1910. En fait, dès 1908, il est déjà à son crépuscule. Son influence marquera néanmoins tout l'art du XX^e siècle, notamment par la libération de la couleur. Le fauvisme est caractérisé par l'audace et la nouveauté de ses recherches chromatiques. Les peintres avaient recours à de larges aplats de couleurs violentes, pures et vives, et revendiquaient un art fondé sur l'instinct (d'après *Wikipedia*).

3. Voici quelques pigments jaunes couramment utilisés :

- le jaune de plomb (chromate de plomb : PbCrO_4) ;
- le jaune de Naples (antimoniate de plomb : $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) ;
- l'ocre jaune (oxyde de fer III : Fe_2O_3).

Attention : contrairement au sulfure de cadmium, le chromate de plomb et l'antimoniate de plomb sont toxiques.

4. Les matières de charge sont des poudres minérales sans aucun pouvoir opacifiant mais apportant d'autres propriétés spécifiques (viscosité, épaisseur, effet stabilisateur) et permettant la plupart du temps de réduire le prix de revient de la peinture. Les plus utilisées sont le sulfate de baryum, le carbonate de calcium, les silices, le talc, le kaolin, l'alumine, le mica.

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

le pigment jaune de cadmium foncé peut être acheté sur le site : <http://materiel.ventes-beaux-arts.com> ; son numéro est 533.

■ **Manuel numérique Bordas :**

Vidéo : Fabriquer une peinture à l'huile.

■ **Livres :**

- *Histoire vivante des couleurs*, Philippe Ball, traduit de l'anglais par Jacques Bonnet, éditions Hazan ;
- *La chimie et l'art, le génie au service de l'Homme*, éditions EDP sciences.

Les colorants, substances dissoutes dans un milieu (p. 52-53)

Connaissances	Capacités et attitudes
Colorants.	Rechercher et exploiter des informations sur les colorants.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est d'indiquer l'emploi de colorants notamment pour la teinture des tissus, puis de fabriquer un colorant (l'indigo) et enfin de teindre un tissu de coton avec ce colorant.

Le **document 1** présente l'historique d'un colorant très utilisé : l'indigo. Il insiste sur le fait qu'il peut aussi bien être extrait du milieu naturel que synthétisé et sur l'importance des coûts de production.

Le **document 2** présente un colorant artificiel : la mauvéine ; il insiste sur l'abaissement des coûts de production qu'a engendrés l'introduction des colorants artificiels.

Le **document 3** décrit la fabrication de l'indigo ; il indique également la difficulté de fixer ce colorant.

Le **document 4** décrit comment teindre un tissu de coton avec de l'indigo.

2. Les pistes d'exploitation

1. L'alizarine est un colorant rouge. Son nom chimique est le 1,2-dihydroxyanthraquinone. Il peut être extrait de la racine de la garance, une plante vivace de la famille des rubiacées, autrefois largement cultivée pour la teinture qu'elle fournissait. Elle a été reproduite synthétiquement par les chimistes allemands Carl Graebe et Carl Liebermann, employés chez BASF, à partir de l'anthracène. Au même moment, le chimiste anglais William Henry Perkin découvre la même synthèse, indépendamment de l'équipe allemande. Le groupe BASF déposa le brevet une journée avant Perkin. L'alizarine synthétique put être produite pour moins de la moitié du coût d'une production naturelle. Au début des années 1890, l'alizarine supplante la garance cultivée dans le Midi de la France, en Alsace et en Hollande, ce qui plonge ces régions dans des difficultés économiques soudaines et marque le début d'une reconversion nécessaire.

2. L'entreprise allemande qui a connu un essor important en exploitant la molécule d'aniline est B.A.S.F. (Badische Anilin und Soda-Fabrik : fabrique d'aniline et de soude de Bade). Fondée en 1865 à Ludwigshafen, elle devint rapidement l'une des plus grandes entreprises de l'industrie chimique européenne. Ses effectifs passent de 7 000 personnes en 1900 à 24 000 en 1920. Extrait comme sous-produit de la gazéification du charbon en gaz de ville, l'aniline est une matière première dans la synthèse de nombreux colorants, notamment l'indigo.

C'est cette même entreprise qui créa l'ammoniac et le caoutchouc synthétique.

3. La silicose est une maladie pulmonaire provoquée par l'inhalation de particules de poussières de silice dans les mines et les carrières. Elle se traduit par une réduction

progressive et irréversible de la capacité respiratoire (insuffisance respiratoire), même après l'arrêt de l'exposition aux poussières.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Vidéo « Préparer et utiliser le colorant des jeans ».
- **Site : L'indigo** – académie de Bordeaux :
[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZgNvsTK7PVQJ:www.ac-bordeaux.fr / Pedagogie/Physique/telechargement/Seconde/Programme%25202000/indigo2.doc+colorant+indigo&hl=fr&gl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESgO1217tZAL_Io00miej3z4Sm7flFPhK6v32FpA8X00O4aDzkr1FQBv1ytFkEaqmoSj-qPi9L2SuT-gU7Y_ejSg7g8nsFIus7x5EjS5YWbOb4xywrEtUat3KiRlxwmQvK9IVFa_&sig=AHIEtbRngWalqaCnzXJfaY0iu7r1EOwGtQ](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZgNvsTK7PVQJ:www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/telechargement/Seconde/Programme%25202000/indigo2.doc+colorant+indigo&hl=fr&gl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESgO1217tZAL_Io00miej3z4Sm7flFPhK6v32FpA8X00O4aDzkr1FQBv1ytFkEaqmoSj-qPi9L2SuT-gU7Y_ejSg7g8nsFIus7x5EjS5YWbOb4xywrEtUat3KiRlxwmQvK9IVFa_&sig=AHIEtbRngWalqaCnzXJfaY0iu7r1EOwGtQ)

Modification de la couleur des espèces chimiques (p. 54-55)

Connaissances	Capacités et attitudes
Influence d'un ou de plusieurs paramètres sur la couleur de certaines espèces chimiques.	Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence l'influence de certains paramètres sur la couleur d'espèces chimiques.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de montrer l'influence du milieu (modification de la concentration de l'espèce chimique et du solvant), et du pH sur la couleur des espèces chimiques.

Le **document 1** montre l'influence de la concentration sur l'intensité de la coloration.

Le **document 2** montre l'influence du solvant. La solution d'acide chlorhydrique doit être très concentrée.

Le **document 3** montre l'influence du pH sur la coloration du pigment donnant sa couleur au chou rouge.

Le **document 4** illustre l'influence du type de sols sur la coloration du pigment contenu dans les pétales de la fleur d'hortensia.

2. Les pistes d'exploitation

1. La concentration dans le tube à essais 2 est $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$; celui des tubes à essais 3 et 4 sont respectivement $25 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $12,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

2. La maladie combattue par le sulfate de cuivre est le mildiou ; elle est causée par une algue-champignon microscopique qui s'attaque aux feuilles et aux grappes. Sur les feuilles, il produit d'abord des tâches jaunâtres dites tâches d'huile, puis le dessous de la feuille se couvre de feutrage blanc. Enfin des zones grillées apparaissent sur la feuille. Sur les grappes, il entraîne un brunissement des grains puis un dessèchement.

3. Le pH est de l'ordre de 5.

4. Le pH du sol est de l'ordre de 7.

3. Informations complémentaires

■ **Le chou rouge :**

sa couleur est due à la présence d'un pigment naturel appartenant au groupe des anthocyanes du grec *anthos* « fleur » et *kuanos* « bleu sombre ». Ils sont présents aussi dans de nombreux végétaux tels : la myrtille, la mûre, la cerise, le raisin noir, l'orange sanguine, l'aubergine, la prune, le bleuet...

La synthèse additive de lumières colorées primaires (p. 56-57)

Connaissances	Capacités et attitude
Synthèse additive.	Distinguer synthèses additive et soustractive.

1. Les intentions pédagogiques

Ce chapitre est un réinvestissement du programme de 4^e où sont étudiées la lumière blanche et les lumières colorées (spectre continu, rôle des filtres et synthèse additive). Après présentation des filtres de lumières primaires (rouge, vert, bleu), on réalise la synthèse additive ; ensuite, on étudie l'image vidéo.

À l'aide de trois projecteurs munis chacun d'un filtre primaire, le **document 1** présente la synthèse additive. Les plages approximatives de longueurs d'onde correspondant à chaque lumière primaire sont indiquées.

Le **document 2** indique le nom des lumières obtenues par addition de deux lumières primaires ; il est expliqué pourquoi on les appelle lumières complémentaires.

Le **document 3** présente en très gros plan la photographie d'un écran d'ordinateur. Cela permet de retrouver les trois lumières primaires.

Le **document 4** explique comment une image peut restituer, pour l'œil, une palette complète de lumières colorées par la synthèse additive ; une comparaison avec la technique des pointillistes est réalisée.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les longueurs d'onde qui traversent un filtre magenta sont comprises entre 400 et 500 nm (elles correspondent à la lumière bleue primaire) et entre 600 et 700 nm (elles correspondent à la lumière rouge primaire).

2. La lumière complémentaire de la lumière verte est la lumière magenta ; l'addition de la lumière cyan et de la lumière rouge donne la lumière blanche.

3. La lumière jaune est la somme des lumières rouge et verte ; les luminophores bleus restent inactifs.

3. Ressources complémentaires

■ **Information : Pourquoi avoir choisi comme limites du visible 400 nm et 700 nm ?**

Les limites anciennement admises étaient 400 nm et 800 nm.

400 nm a été maintenu bien que la réponse des cônes sensibles « au bleu » aille un peu au-dessous.

En revanche, 800 nm a été remplacé par 700 nm ; en effet, la réponse des cônes sensibles « au rouge » n'excède guère 700 nm.

Cette nouvelle délimitation qui semble s'imposer progressivement présente un avantage pédagogique certain dans le cas de la présentation de la trichromie. En effet, les filtres

primaires se laissant traverser par un tiers du spectre visible (ils absorbent les deux tiers restant) ont des limites très simples : par exemple, pour le bleu primaire, la plage de transmission est 400 nm - 500 nm, celle d'absorption 500 nm - 700 nm.

Ces mêmes limites sont indiquées dans l'article « Trichromie » de l'encyclopédie *Universalis*.

- Une **applet java** peut permettre aux élèves de s'entraîner à réaliser les synthèses additives et soustractives :
<http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/couleurs/couleurs.html>
- Un **site** donne des informations très complètes sur les couleurs :
<http://www.profil-couleur.com/lc/000-lumiere-couleur.php>

Obtenir des couleurs par synthèse soustractive (p. 58-59)

Connaissances	Capacités et attitude
<ul style="list-style-type: none"> - Synthèse soustractive. - Application à la peinture et à l'impression couleur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer synthèses additive et soustractive. - Exploiter un cercle chromatique. - Interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.

1. Les intentions pédagogiques

La couleur des objets est traitée dans des cas simples (couleur de la trichromie) ; il est montré, en outre, qu'elle dépend de la lumière qui l'éclaire. L'interprétation de la couleur est réalisée à l'aide du cercle chromatique. La synthèse soustractive est ensuite présentée sans oublier ses applications pratiques (arts plastiques, imprimerie).

Le **document 1** étudie d'abord le sirop de menthe (cela prolonge la notion de filtre coloré primaire) ; ensuite, on passe à un objet familier (une tomate) à surface opaque non polie. L'élève constate que, pour la tomate, la lumière est diffusée alors que, pour le sirop de menthe, elle est transmise.

Le **document 2** donne une explication de la couleur observée en s'appuyant sur le cercle chromatique ; le sirop de menthe et la tomate sont traités simultanément en faisant apparaître les similitudes et les différences.

Le **document 3** étudie la synthèse soustractive ; la situation est d'abord décrite par un croquis (la notion de filtre est à nouveau reprise), puis la couleur des filtres est indiquée par une photo.

Le **document 4** est une photographie des peintures magenta, cyan, jaune, des mélanges deux à deux et du mélange des trois. Le vocabulaire d'optique est privilégié, mais celui des arts plastiques est cependant indiqué entre parenthèses.

Pour finir, il est indiqué que l'obtention de couleurs variées avec une imprimante sur un papier se réalise aussi par la synthèse soustractive.

2. Les pistes d'exploitation

1. La carrosserie bleu primaire d'une automobile absorbe les lumières rouge et vert primaires.
2. S'il est de couleur jaune, un objet diffuse les lumières rouge et vert primaires ; il absorbe donc la lumière primaire située à l'opposé, donc la lumière bleu primaire.
3. Une filtre jaune absorbe la lumière bleue ; un filtre magenta absorbe la lumière verte. La superposition des deux filtres absorbe donc les lumières bleue et verte (soit la lumière cyan) ; la lumière transmise est donc rouge.
4. L'addition des trois peintures cyan, magenta, jaune ne donne pas un noir mais un

marron très foncé ; il en est de même pour les encres. Cela nécessite l'utilisation d'une quatrième « couleur » : le noir.

3. Ressources complémentaires

■ **Pourquoi le mélange des encres magenta, cyan et jaune (mais aussi des peintures), ne donne-t-il pas du noir ?**

Texte d'après le site : <http://www.profil-couleur.com/lc/006-couleur-synthese.php>

Le mélange des trois encres devrait donner un noir dense mais dans la pratique on n'y parvient pas et on obtient un marron noirâtre. La faute n'en revient pas à d'hypothétiques impuretés dans les colorants comme on peut le lire un peu partout, mais dans le fait que le magenta, et surtout le cyan manquent de densité, c'est-à-dire que ces couleurs devraient être plus foncées. Les encres que nous utilisons pour l'imprimerie manquent de densité pour constituer un noir intense car, à l'époque où elles ont été standardisées, les presses ne supportaient que difficilement des encres plus denses. Aujourd'hui, il serait facile de concevoir des encres avec plus de densité et les machines modernes les supporteraient très bien. Mais il faudrait alors remettre en cause des années de tradition basées sur l'Eurostandard.

Pour pallier cet inconvénient d'un noir non parfait, les industries graphiques s'appuient donc sur une quatrième couleur pour compléter ou remplacer le noir trichromatique. Ce système basé sur les mélanges CMJ renforcés par la couleur noire s'appelle la quadrichromie (CMJN).

La correction des exercices 1 à 6 figure dans le manuel de l'élève p. 230.

7 Le disque de Newton

1. L'expérience met en évidence la synthèse additive.
2. Cette expérience est à rapprocher de l'expérience du bas de la page 8 (recomposer la lumière blanche).

8 Le pointillisme

Cet exercice a pour but de différencier le pointillisme de la peinture traditionnelle.

1. Georges Seurat (2 décembre 1859 - 29 mars 1891), Paul Signac (11 novembre 1863 - 15 août 1935).
2. Les taches de couleur se fondent en réalisant la synthèse additive.
3. Les tableaux pointillistes sont lumineux car ils réalisent la synthèse additive (addition de lumières) ; au contraire, les tableaux de la peinture traditionnelle qui sont obtenus par mélange de peintures sur la palette sont plus sombres (synthèse soustractive).

9 La couleur de la grenouille

Cet exercice a pour but de rappeler les longueurs d'onde délimitant la lumière blanche ainsi que celles délimitant la lumière vert primaire.

1. Le spectre de la lumière blanche est délimité par le violet extrême (400 nm) et le rouge extrême (700 nm).
2. La lumière vert primaire est comprise entre 500 nm et 600 nm.

10 Les « hommes bleus »

Cet exercice a pour but de distinguer un colorant d'un pigment et de vérifier la maîtrise par l'élève du cercle chromatique.

1. Un tissu est teint dans la masse ; il est donc nécessaire d'employer une substance dissoute dans un solvant, soit un colorant et non un pigment.
2. Le chèche diffuse la lumière bleue ; il absorbe donc les lumières opposées, soit les lumières rouge et verte. Cela correspond à la lumière jaune.

La chimie de la perception visuelle

Activités pratiques

1

La transmission du message nerveux visuel (p. 68-69)

Connaissances	Capacités et attitudes
La perception repose sur la transmission de messages nerveux, de nature électrique, entre neurones, au niveau de synapses, par l'intermédiaire de substances chimiques : les neurotransmetteurs.	Mettre en évidence la nature chimique de la transmission du message nerveux entre deux neurones par la mise en relation de documents, dont des électrographies.

1. Les intentions pédagogiques

Ce chapitre de Sciences et vie de la Terre prolonge l'étude biologique de la perception visuelle réalisée au cours du chapitre 2. À ce stade, les élèves ont compris que l'œil n'est pas un simple instrument d'optique mais qu'un message nerveux généré par la rétine est acheminé jusqu'au cerveau, ce dernier élaborant la perception visuelle. Il s'agit maintenant de montrer comment la chimie intervient dans ce mécanisme et par conséquent d'expliquer comment des substances chimiques peuvent interférer avec la perception visuelle.

Mais l'objectif est plus général : la première activité de ce chapitre permet avant tout de préciser les modalités de la transmission synaptique du message nerveux. Pour les élèves de 1^{re} L et ES, c'est donc l'occasion de compléter les connaissances sur le fonctionnement du système nerveux, en allant nettement au-delà de l'approche réalisée au collège (classe de 4^e).

L'existence de chaînes de neurones interconnectés est un acquis du collège.

Le **document 1** a donc pour simple fonction de poursuivre l'exploration des voies visuelles en se plaçant à l'échelle cellulaire. Le premier schéma situe dans le cerveau les corps genouillés latéraux, principale zone de relais synaptique du message nerveux visuel. Un schéma de détail permet de localiser les zones de connexions synaptiques au niveau des neurones. Il est important de montrer qu'il ne s'agit pas seulement d'une connexion d'un neurone au suivant mais qu'il peut y avoir, comme c'est le cas ici, une convergence. Sans avoir besoin d'utiliser le terme, on illustre ici le phénomène d'intégration des informations : un seul neurone élabore un message à partir des informations reçues de plusieurs neurones. Ceci peut être mis en relation avec des phénomènes vus précédemment :

- vision binoculaire du champ visuel (demi-croisement des voies visuelles et intégration des informations reçues par les rétines des deux yeux) ;
- élaboration d'une perception visuelle intégrée.

Cette présentation schématique est volontairement simplifiée : l'électronographie permet de montrer qu'en réalité le câblage des neurones est extraordinairement complexe. On estime en effet qu'il y a en moyenne 10 000 synapses par neurone !

Le **document 2** présente de façon classique le mécanisme de la transmission synaptique. L'objectif essentiel est de montrer que des substances chimiques (les neurotransmetteurs) jouent un rôle primordial dans cette transmission. Une approche concrète peut être réalisée par un examen attentif des électrographies. À noter que la qualité des documents (et le code couleur utilisé) permet de mener une réelle investigation : par exemple, la vue de détail montre réellement l'exocytose des vésicules synaptiques (le terme n'est pas à connaître mais le phénomène permet de comprendre comment une substance chimique peut être déversée au contact du neurone postsynaptique).

Il est cependant illusoire de vouloir faire deviner le mécanisme de la transmission synaptique : en revanche, un travail de mise en relation des électrographies avec la représentation schématique est une activité judicieuse.

La représentation 3D du modèle moléculaire de la sérotonine et sa fixation sur son récepteur par complémentarité est un bon exemple de neurotransmission. Ce choix est justifié car ce neurotransmetteur intervient effectivement dans la vision. Cependant, il convient de ne pas en faire un neurotransmetteur spécifique de la vision. Le rôle de la sérotonine dans le cerveau est beaucoup plus diversifié, comme on le verra au cours de l'activité suivante. Ce niveau d'explication (échelle moléculaire) est indispensable car il sera exploité par la suite pour expliquer comment certaines substances hallucinogènes peuvent perturber le message nerveux visuel (Activités pratiques 2).

Le récepteur a été ici simplement schématisé : en effet, même si le récepteur de la sérotonine est aujourd'hui connu, les interactions précises entre ce neurotransmetteur et son récepteur sont encore en partie hypothétiques.

Le **manuel numérique Bordas** comporte une version animée du schéma-bilan de la page 74 : la première partie de cette animation peut être utilisée à ce stade en synthèse de cette activité.

2. Les pistes d'exploitation

1. On parle de « réseaux » neuronaux car chaque neurone est connecté à de très nombreux autres par des connexions synaptiques. Chaque neurone reçoit des messages nerveux de très nombreux autres neurones et peut également transmettre son message à de nombreux autres neurones. Il n'y a donc pas un trajet unique de transmission d'un message nerveux mais de nombreuses possibilités, offertes par de nombreuses interconnexions.

2. Le schéma montre qu'un même neurone (en orange ici) est relié par des connexions synaptiques avec deux neurones différents (vert et bleu sur le schéma). Il peut donc recevoir simultanément différentes informations émanant de ces deux neurones et émettre ainsi un nouveau message nerveux, unique, tenant compte des informations reçues des deux neurones.

3. La transmission est chimique car la fente synaptique est un espace dans lequel les signaux électriques ne se propagent pas. À ce niveau, c'est la libération d'une substance chimique, le neurotransmetteur, qui permet la transmission du message.

4. Le neurotransmetteur présente une forme tridimensionnelle en partie complémentaire de celle du récepteur. C'est cette complémentarité qui permet au neurotransmetteur de se fixer sur le récepteur, provoquant au niveau du neurone post-synaptique l'émission d'un nouveau message nerveux.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Animation du schéma-bilan (page 74) montrant notamment la transmission chimique du message nerveux au niveau d'une synapse.
- **Manuel numérique Bordas :**
Vidéo montrant, entre autres, la visualisation du modèle moléculaire de la sérotonine.

Des substances qui perturbent la vision (p. 70-71)

Connaissances	Capacités et attitudes
Certaines substances hallucinogènes perturbent la perception visuelle. Leur action est due à la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent.	Expliquer le mode d'action de substances hallucinogènes (exemple : LSD ou « acide ») par la similitude de leur structure moléculaire avec celle de certains neurotransmetteurs du cerveau auxquels elles se substituent.

1. Les intentions pédagogiques

L'explication, à l'échelle moléculaire, du mécanisme de la transmission synaptique, est exploitée de façon à comprendre comment des substances chimiques peuvent perturber la perception. Le choix des hallucinations visuelles est justifié (conformément au programme) de façon à rester en cohérence avec l'étude de la vision qui est l'objectif de cette partie. Cependant, là encore, l'objectif est finalement plus large : il s'agit de montrer que la connaissance du mécanisme de la transmission synaptique permet de comprendre, de façon générale, l'influence de substances chimiques exogènes sur le fonctionnement du système nerveux.

Le **document 1** n'a évidemment pas pour objectif de faire l'apologie du LSD ! Cette première approche de l'influence du LSD est indissociable d'une présentation des dangers des drogues : elle sera largement développée au cours de l'activité suivante (p. 72).

Ce document permet cependant de motiver les élèves par une approche historique et sociétale de l'influence qu'a pu exercer le LSD. Des compléments concernant l'histoire du LSD peuvent être apportés grâce aux documents « Des clés pour... mieux comprendre l'histoire des sciences » p. 77.

Il est également possible d'utiliser à ce stade, ou en complément de cette activité, les informations historiques apportées p. 76 sur l'ergotisme (« mal des ardents »).

L'exercice 7, p. 79, relate de façon précise les expériences (douloureuses) de consommation de mescaline par Henri Michaux : cet exercice peut aussi être utilisé comme approche motivante de cette activité.

Les documents 2 et 3 permettent de donner d'autres exemples de substances hallucinogènes. En effet, il peut être important de montrer que de nombreuses substances, aux origines diverses, peuvent interférer avec la perception visuelle. Mais l'objectif de l'expérience relatée par le **document 2** est de montrer que dans bien des cas, la perturbation engendrée par la consommation de la substance va bien au-delà de la simple hallucination.

Le **document 3** a quant à lui un caractère explicatif : les modèles moléculaires du LSD et de la psilocybine pourront être rapprochés de celui de la sérotonine fixée sur son récepteur (p. 69). L'élève peut alors facilement proposer un mécanisme possible de l'action de ces substances, à l'échelle moléculaire (conformément au programme). Le **manuel numérique Bordas** propose une vidéo qui permet une comparaison plus poussée de ces modèles moléculaires. L'animation du schéma bilan (p. 74) explique

de façon visuelle et dynamique comment ces substances peuvent interférer avec la transmission synaptique.

Le **document 4** permet de prouver que ces substances (en l'occurrence la psilocybine) activent effectivement les récepteurs à la sérotonine. Ce document permet également de souligner les rôles variés attribués à la sérotonine (voir les précisions données en lexique) et montre la grande répartition de ces récepteurs dans le cerveau. Il convient donc de ne pas en rester à une vision trop simpliste de l'hallucination et de comprendre que les perturbations engendrées par la consommation d'une substance peuvent aller bien au-delà de la simple hallucination visuelle.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les effets décrits dans le document 1 montrent des perturbations de la perception visuelle, particulièrement sur le plan des couleurs (formes colorées apparaissant dans le ciel, lui-même couleur « marmelade »). L'environnement paraît déformé sous l'effet de la kétamine, mais cela va au-delà de la vision, puisque l'individu perçoit son propre corps et ses mouvements de manière « anormale ». La perception globale de l'environnement et du corps sont perturbés.
2. Les modèles moléculaires des molécules de LSD et de psilocybine montrent une ressemblance partielle importante avec la molécule de sérotonine, dans leur partie droite sur l'image, c'est-à-dire précisément la partie de la molécule de sérotonine qui se lie à son récepteur.
3. La cible de la psilocybine est l'ensemble des récepteurs à sérotonine du cerveau, puisque ceux-ci sont plus activés en présence de cette drogue.
4. Le LSD possédant une similitude de forme tridimensionnelle avec la sérotonine, il est capable de se fixer sur les récepteurs de ce neurotransmetteur au niveau cérébral. Or, les synapses des corps genouillés latéraux, importants relais situés sur les voies visuelles, utilisent ce neurotransmetteur. Le message nerveux transmis au niveau de ce relais est donc modifié, perturbé. La fixation du LSD génère des messages nerveux envoyés au cortex visuel, qui ne correspondent pas aux stimulations visuelles réelles, ce qui explique les hallucinations visuelles. La sérotonine étant un neurotransmetteur très répandu dans d'autres zones du cerveau, ceci explique les perturbations autres que visuelles.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas** : Animation du schéma-bilan (p. 74) montrant comment des substances exogènes peuvent perturber la transmission chimique du message nerveux au niveau d'une synapse.
- **Manuel numérique Bordas** : Vidéo permettant une visualisation et une comparaison des modèles moléculaires de la sérotonine, du LSD, de la psilocybine et de l'ecstasy.
- **Manuel numérique Bordas** : Fiche documentaire « L'affaire du pain maudit » + Vidéo « L'affaire de Pont-Saint-Esprit ». Archive INA à propos d'une intoxication par du pain contaminé par l'ergot de seigle (effet toxique des substances chimiquement proches du LSD).

Rester maître de soi (p. 72-73)

Connaissances	Capacités et attitudes
La consommation de drogues entraîne des troubles du fonctionnement général de l'organisme, une forte accoutumance ainsi que des « flash-back » imprévisibles.	Expliquer l'action d'une drogue dans la perturbation de la communication nerveuse qu'elle induit et les dangers de sa consommation tant d'un point de vue individuel que sociétal.

1. Les intentions pédagogiques

Cette activité est le complément indispensable des deux précédentes. Il s'agit en effet de prendre conscience des dangers des drogues, tant pour soi-même que pour les autres. En effet, comme l'indique le programme : Le volet « *éducation à la santé* » doit être développé.

Le **document 1** apporte des informations sur les modifications de la personnalité induites par la consommation de LSD. En effet, il a déjà été montré que l'action de la plupart des hallucinogènes va bien au-delà de la simple hallucination visuelle.

Le premier aspect à développer est celui de l'effet physiologique, de la toxicité de la plupart des ces substances. Il pourra être intéressant de montrer que de telles substances, même celles qui ont une origine naturelle, sont très puissantes et ont divers effets physiologiques à très faible dose. L'effet psychique à court terme est un autre aspect important. Paradoxalement, ces substances peuvent engendrer des sensations extrêmement désagréables (voir par exemple le récit d'Henri Michaux concernant la mescaline, p. 79).

À noter qu'on ne connaît *a priori* pas de cas de décès directement imputable aux effets toxiques du LSD ; en revanche des cas de suicides ont été rapportés.

Le LSD n'est pas une drogue engendrant un fort état de dépendance : il n'y a pas de dépendance physique et la dépendance psychique est modérée. Il apparaît cependant nécessaire d'élargir le propos et d'expliquer que certaines substances engendrent, elles, un état de dépendance important. Le document « Des clefs pour... aller plus loin : comprendre le phénomène d'accoutumance à une drogue », proposé p. 77, pourra également être utilisé à ce stade de l'investigation.

Le **document 2** permet de développer le volet « *Éducation à la santé* » de ce chapitre en montrant les implications très importantes du point de vue sociétal de la consommation d'alcool et de cannabis. Cette fois-ci, plus que les dangers de la consommation de ces substances pour soi-même (qui ne sont pas à négliger pour autant), c'est surtout le risque encouru par autrui qui est mis en avant. En effet, la conduite d'un véhicule sous l'emprise de l'alcool et/ou du cannabis est un fléau important, particulièrement chez les jeunes.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les principaux risques associés à la prise de LSD, en plus des effets visuels, sont des hallucinations auditives, des perturbations de la circulation du sang (effets sur le

cœur et les vaisseaux), des troubles de la motricité (coordination et tremblements)... Les effets psychiques sont eux aussi importants : phobies et panique, dépression, « flash-back ».

2. Le LSD est classé comme drogue en raison de ses effets toxiques (voir question 1) et du fait qu'il peut induire une dépendance psychique (envie irrésistible de retrouver l'état qu'il provoque).

3. La conduite est perturbée, puisque celle-ci repose avant tout sur une perception précise et juste de l'environnement du véhicule. La réduction du champ visuel et la mauvaise perception des distances sont d'évidents facteurs de risques d'accidents.

4. Ces drogues sont dangereuses pour l'individu qui les consomme sur le plan de sa santé physique et mentale (voir question 1), mais aussi pour les personnes qui, par exemple, auraient la malchance de le croiser au volant d'un véhicule...

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « Drogue, un danger pour soi et pour les autres ! ».
- **Site : Mission Interministérielle de Lutte contre les Drogues et la Toxicomanie (MILDT) :**
<http://www.drogues.gouv.fr/>
- **Site : Prévention routière :**
Alcool, cannabis et conduite (logiciel, CD-Rom, DVD, espace Web)
<http://www.preventionroutiere.asso.fr/Enseignants/Au-lycee/Alcool-cannabis-et-conduite>
- **Site : Prévention routière :**
Alcool, cannabis et conduite = danger !
<http://www.preventionroutiere.asso.fr/Parents/Gerer-les-retours-de-soiree/Des-chiffres-qui-font-reflechir>

La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève p. 231.

6 Le fonctionnement synaptique

1. **a.** Faux : on observe un espace étroit (fente synaptique) qui sépare physiquement les deux neurones.
b. Faux : malgré cet espace, le message nerveux peut passer d'un neurone à l'autre.
c. Vrai.
2. **a.** Faux, c'est l'inverse. Le neurone pré-synaptique contient en effet des vésicules remplies de neurotransmetteurs.
b. Vrai.
c. Vrai.
d. Faux, car aucune vésicule n'est ouverte sur la fente synaptique et il n'y a pas de neurotransmetteur dans la fente synaptique (cette électrographie peut être comparée à celle de la page 69).

7 Récit d'une expérience : l'artiste Henri Michaux teste la mescaline

1. Quelques extraits qui montrent une perturbation de la perception visuelle :
*« Éclaboussement de blanc crayeux.
 De toutes parts fusent des sortes de sources blanches.
 Des draps blancs, des draps blancs qui seraient vertigineusement secoués et frémissants.
 au lieu du drapeau tricolore, de couleurs, [...] le seul blanc, blanc diamant.
 Si encore je voyais des couleurs au lieu de cet étincelant blanc, blanc, blanc !
 Ce blanc est excessif, ce blanc m'affole, je n'y vois aucune forme. »*
2. Comme le texte en témoigne, les effets de la drogue vont bien au-delà d'une simple hallucination :
*« Comme si je venais d'entrer dans une nouvelle patrie [...] dans une fête délirante qui ne cesse pas ...
 [...] tant je déteste ça naturellement .
 comme si j'entrais en gare d'une ville où l'on changerait de corps [...]
 Agacement. Je subis un savant agacement comme si j'étais obligé mentalement de cligner intérieurement à la vitesse d'une vibration.
 Stupide, absurde, exorbitant.
 [...] avant que ce blanc n'opère le hachage complet de ma volonté et de mes possibilités de décisions.
 Ce blanc est excessif, ce blanc m'affole ».*
 Ces extraits témoignent à la fois d'une perturbation de la personnalité et d'une sensation douloureuse.
3. Le dessin montre une dichotomie, une séparation, comme si la personnalité était divisée : c'est une négation de la notion d'« individu ». On peut y voir aussi une croix, voire une pierre tombale. Le flou témoigne d'une sensation perturbée.
 Dans son texte, Henri Michaux dit à plusieurs reprises son agacement et sa détestation de l'expérience. Il indique aussi l'anéantissement de sa volonté et de son pouvoir de décision pour mettre fin à cette expérience.





Partie 2

Nourrir l'humanité

Chapitre	1	Agriculture, santé et environnement	SVT	67
Chapitre	2	Qualité des sols et de l'eau	PHYSIQUE-CHIMIE	76
Chapitre	3	Aspects biologiques de la conservation des aliments	SVT	86
Chapitre	4	L'alimentation : aspects physico-chimiques	PHYSIQUE-CHIMIE	93

Partie 2 Nourrir l'humanité

Les objectifs généraux de cette partie

Ce deuxième thème commun à la Physique-Chimie et aux Sciences de la vie et de la Terre s'appuie sur une problématique à laquelle il doit être facile de sensibiliser les élèves des sections ES et L. En effet, la croissance démographique lance un défi à l'humanité : **comment nourrir, à l'horizon du milieu de ce siècle, 9 milliards d'êtres humains ?**

Dans le cadre de cette problématique, qui n'est évidemment pas que scientifique, il s'agit de montrer comment les sciences participent à l'appréhension de l'un des grands problèmes contemporains auxquels l'humanité d'aujourd'hui se trouve confrontée. Les élèves prendront conscience de la complexité du problème posé puisqu'il faut aussi se préoccuper des conséquences des choix effectués tant en matière d'environnement que de santé. Après une approche globale, on est amené à s'intéresser à des questions comme celle de la chimie et de la conservation des aliments ou de la qualité des eaux et des sols.

Comme le précédent, ce thème doit, d'après les instructions données dans le programme, correspondre à environ un tiers du temps annuel. Il peut être traité à un moment ou un autre de la progression annuelle.

Comme pour le thème sur la vision, les professeurs des deux disciplines ont la liberté d'organisation et de répartition des différents aspects de ce thème.

Le manuel propose un découpage de ce thème en quatre chapitres, les aspects liés à l'agriculture et à la biologie de la conservation des aliments relevant des Sciences de la vie et de la Terre, tandis que l'étude des propriétés des eaux, des sols et des aliments est attribuée à la Physique-Chimie.

Ainsi, les quatre chapitres de cette première partie ont été attribués à l'une ou l'autre des deux disciplines : ils constituent cependant un ensemble cohérent.

Le **chapitre 1** traite des pratiques agricoles et d'élevage : on se situe d'abord à l'échelle des écosystèmes (agrosystèmes) puis on envisage les conséquences, à l'échelle locale et planétaire, des choix effectués en matière de pratiques agricoles et d'habitudes alimentaires. La question de l'amélioration génétique des espèces cultivées est présentée sous ses différents aspects. Au-delà des connaissances scientifiques que ce chapitre permet d'établir, c'est l'occasion de faire preuve d'esprit critique en pratiquant une analyse objective et argumentée, sans *a priori*. Ce chapitre doit aussi préparer chacun à l'exercice de sa responsabilité individuelle et citoyenne, en étant capable d'évaluer les conséquences des choix effectués et des habitudes alimentaires.

Le **chapitre 2** traite de la qualité des eaux et des sols : à travers une étude physico-chimique simple des propriétés de ces deux ressources vitales, on amène les élèves à comprendre l'impact de l'utilisation des engrais ou des pesticides. Les critères de potabilité de l'eau seront établis de façon à comprendre les techniques permettant de rendre une eau potable. Ce chapitre se prête particulièrement bien à la pratique de diverses manipulations simples : c'est donc l'occasion, pour des élèves, *a priori* non scientifiques, de prendre conscience de la rigueur qu'exigent certaines techniques de laboratoire.

Le **chapitre 3** expose les bases biologiques de la conservation des aliments. En effet, mieux comprendre la biologie des microorganismes a des conséquences importantes. Tout d'abord, il s'agit de prendre conscience que la plupart des aliments sont des denrées périssables, potentiellement dangereuses puisqu'à l'origine d'intoxications pouvant être très graves. Chacun doit donc être capable, dans la vie quotidienne, d'adopter les gestes d'hygiène essentiels permettant de respecter la qualité et l'innocuité des aliments.

Mais la connaissance scientifique des conditions de vie des microorganismes permet aussi de mettre au point différents procédés de conservation.

Ce chapitre vise donc à développer des attitudes qui participent de l'éducation à la santé.

Le **chapitre 4** présente quelques propriétés physico-chimiques des aliments : il complète le chapitre précédent en montrant comment des procédés chimiques ou physiques permettent d'améliorer la conservation des aliments. Enfin, l'exemple des émulsions culinaires est l'occasion de mettre concrètement en application des connaissances sur la chimie des aliments.

Une approche historique est également possible (voir les pages « Des clés pour... »).

Une correspondance entre le programme officiel et les chapitres du manuel

Connaissances	Les chapitres du manuel
<p><i>Pratiques alimentaires collectives et perspectives globales</i> L'agriculture repose sur la création et la gestion d'agrosystèmes dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité.</p> <p>Dans un agrosystème, le rendement global de la production par rapport aux consommations de matière et d'énergie conditionne le choix d'une alimentation d'origine animale ou végétale, dans une perspective de développement durable.</p> <p><i>Une agriculture pour nourrir les Hommes</i> L'exportation de biomasse, la fertilité des sols, la recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent le problème :</p> <ul style="list-style-type: none"> - des apports dans les cultures (engrais, produits phytosanitaires, etc.) ; - des ressources en eau ; - de l'amélioration des races animales et des variétés végétales par la sélection génétique, les manipulations génétiques, le bouturage ou le clonage ; - du coût énergétique et des atteintes portées à l'environnement. <p>Le choix des techniques culturales doit concilier la production, la gestion durable de l'environnement et la santé.</p>	<p>chapitre 1 Agriculture, santé et environnement (pages 86-101)</p> <p>Les activités pratiques Act. 1 Les agrosystèmes : des écosystèmes cultivés Act. 2 Les impacts écologiques de nos choix alimentaires Act. 3 Pratiques agricoles, santé et environnement Act. 4 Améliorations génétiques, santé et environnement</p>

Connaissances	Les chapitres du manuel
<p>Qualité des sols et de l'eau</p> <p>Le sol : milieu d'échanges de matière. Engrais et produits phytosanitaires ; composition chimique. Eau de source, eau minérale, eau du robinet ; composition chimique d'une eau de consommation. Critères physicochimiques de potabilité d'une eau. Traitement des eaux naturelles.</p>	<p>chapitre 2</p> <p>Qualité des sols et de l'eau (pages 102-115)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 Le sol, milieu d'échanges de matière Act. 2 Les engrais et les produits phytosanitaires Act. 3 La diversité des eaux de consommation Act. 4 Traiter l'eau pour la rendre potable</p>
<p>Biologie des microorganismes et conservation des aliments</p> <p>Certaines techniques de conservation se fondent sur la connaissance de la biologie des microorganismes, dont certains sont pathogènes, et visent à empêcher leur développement.</p> <p>Conservation des aliments, santé et appétence alimentaire</p> <p>La conservation des aliments permet de reculer la date de péremption tout en préservant leur comestibilité et leurs qualités nutritives et gustatives.</p> <p>Les techniques de conservation peuvent modifier les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments et provoquer parfois des troubles physiologiques chez le consommateur.</p>	<p>chapitre 3</p> <p>Aspects biologiques de la conservation des aliments (pages 116-127)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 Les aliments, milieu de vie pour les microorganismes Act. 2 Des techniques pour conserver les aliments Act. 3 Une altération de la qualité des aliments</p>
<p>Conservation des aliments</p> <p>Effet du dioxygène de l'air et de la lumière sur certains aliments. Rôle de la lumière et de la température dans l'oxydation des produits naturels. Conservation des aliments par procédé physique et par procédé chimique.</p> <p>Se nourrir au quotidien : exemple des émulsions</p> <p>Structure simplifiée des lipides. Espèces tensioactives ; partie hydrophile, partie hydrophobe. Formation de micelles.</p>	<p>chapitre 4</p> <p>L'alimentation : aspects physico-chimiques (pages 128-141)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 L'oxydation des aliments Act. 2 La conservation des aliments Act. 3 La chimie des émulsions culinaires Act. 4 La mayonnaise : un exemple d'émulsion culinaire</p>

Agriculture, santé et environnement

Activités pratiques

1

Les agrosystèmes : des écosystèmes cultivés (p. 88-89)

Connaissances	Capacités et attitudes
L'agriculture repose sur la création et la gestion d'agrosystèmes dans le but de fournir des produits (dont les aliments) nécessaires à l'humanité.	<ul style="list-style-type: none"> – Comparer la part d'intervention de l'Homme dans le fonctionnement d'un écosystème et d'un agrosystème. – Comparer les bilans d'énergie et de matière d'un écosystème et de différents agrosystèmes.

1. Les intentions pédagogiques

Ces activités ont tout d'abord pour objet de réactiver des acquis de collège et de 2^e. Entre autres, les notions d'écosystème, de productivité primaire, de chaîne alimentaire, d'importance des sols pour la production végétale sont réinvesties dans une double finalité.

D'une part, on montre ce qu'est un agrosystème en le comparant à un écosystème forestier, du point de vue de la biodiversité, de la circulation de la matière. Il apparaît que le fonctionnement de ces deux milieux diffère du fait de l'intervention humaine dans le cas de l'agrosystème, intervention qui a pour but la production de denrées alimentaires et autres matières utiles à l'humanité.

D'autre part, on s'appuie sur deux exemples très contrastés pour montrer qu'il existe des agrosystèmes qui perturbent peu les équilibres écologiques, tandis que d'autres modifient radicalement, voire détruisent l'écosystème naturel. Le **document 1** dresse un tableau rapide de l'agriculture forestière sur brûlis, un type d'agrosystème très rudimentaire, encore pratiqué en zone tropicale. Si cette forme d'agriculture est assez respectueuse de l'environnement (pas d'apports d'engrais minéraux ni de pesticides chimiques, pas de consommation de carburants fossiles, reconstitution de l'écosystème naturel grâce à de très longues jachères), ses rendements (productivités de la terre et du travail) sont très faibles, et incompatibles avec nos modes de vie actuels.

À l'opposé de ce premier exemple, le **document 2** présente un agrosystème à hauts rendements (agriculture industrielle) capable de nourrir une humanité très majoritairement urbaine, mais qui pose de graves problèmes d'environnement (exportations massives d'azote, du fait des récoltes mais aussi vers l'atmosphère et les rivières ; consommation d'eau et de carburants fossiles, de pesticides chimiques).

2. Les pistes d'exploitation

1. La consommation d'énergies fossiles (fuel) est nulle dans l'agriculture forestière sur

brûlis. En effet, non seulement aucun moteur n'est utilisé, mais on ne fait pas non plus appel à des produits industriels (engrais, pesticides) dont la production, le transport, la commercialisation consomment de l'énergie. C'est tout le contraire dans l'agriculture industrielle (équivalent de 662 L de fuel par hectare et par an) car ses hauts rendements reposent sur une forte dépense énergétique directe (au champ du fait de l'utilisation d'engins motorisés) et indirecte (en amont du fait de l'utilisation d'engrais minéraux et de pesticides chimiques).

Concernant la circulation de l'azote, l'agriculture sur brûlis exporte annuellement 19 kg dans les récoltes, et 75 kg s'échappent vers les rivières et l'atmosphère (lessivage des sols cultivés, dénitrification). Ces exportations sont plus que compensées par la fixation de l'azote atmosphérique par des bactéries vivant dans le sol des jachères (145 kg). Dans le cas de l'agriculture industrielle, les exportations dues aux récoltes sont de 7 500 kg (soit près de 400 fois plus) et autant sont dues aux pertes par lessivage et dénitrification (soit 100 fois plus). Dans ces conditions, la seule capacité des sols à fixer l'azote atmosphérique ne suffit pas et les exportations doivent être compensées par des importations équivalentes (15 000 kg sous forme d'engrais azotés).

La productivité de la terre cultivée est de 10 q/ha/an en agriculture sur brûlis, et dix fois supérieure dans l'agriculture industrielle. Mais dans le premier cas, 1/30 seulement de la surface cultivable est cultivée, contre 90/100 dans le second cas. Le rendement réel est donc de 0,33 q/ha/an en agriculture sur brûlis, et de 90 q/ha/an en agriculture industrielle (soit un rapport de 1 à 272).

Le document 2 nous apprend que la biodiversité des punaises et des plantes herbacées diminue lorsque le pourcentage d'espaces semi-naturels décroît. Le nombre d'espèces d'oiseaux diminue quant à lui à mesure que les apports d'engrais augmentent. Ces trois indicateurs révèlent que l'intensification des pratiques agricoles est défavorable à la biodiversité animale et végétale.

2. En agriculture industrielle, les rendements sont très élevés. Ainsi, ce sont 7 500 kg d'azote par hectare qui sont exportés annuellement par la récolte. Si l'agriculteur cessait ses apports d'engrais, le sol s'appauvrirait rapidement et verrait sa fertilité diminuer. Les rendements ne tarderaient donc pas à diminuer eux aussi.

3. En culture forestière sur brûlis, un hectare cultivé permet de nourrir 5 personnes (1 agriculteur et sa famille). Pour un hectare cultivé, 29 hectares sont en jachère. La densité de population ne peut donc pas dépasser 5 personnes pour 30 hectares, soit 17 habitants par kilomètre carré.

L'agriculture intensive permet, quant à elle, de nourrir 16 personnes par hectare cultivé, soit un peu plus de 14 personnes par hectare réel. La densité de population peut atteindre 1 400 personnes par kilomètre carré.

3. Ressources complémentaires

- **Site** : « Agreste », la statistique, l'évaluation et la prospective agricole (site du ministère de l'agriculture). Ce portail donne accès à de très nombreuses données quantitatives sur l'agriculture française, fréquemment actualisées.
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/>
- **Livre** : *Histoire des agricultures du monde*, M. Mazoyer et L. Roudart, Éditions du Seuil, 2002.
- **Article** : « L'agriculture mondialisée », J.-P. Charvet, *La documentation française*, dossier n°8059, sept.-oct. 2007 : de nombreuses informations sous une forme synthétique, utilisables pour ces activités et les suivantes.

Les impacts écologiques de nos choix alimentaires (p. 90-91)

Connaissances	Capacités et attitudes
Dans un agrosystème, le rendement global de la production par rapport aux consommations de matière et d'énergie conditionne le choix d'une alimentation d'origine animale ou végétale, dans une perspective de développement durable.	Montrer que consommer de la viande ou un produit végétal n'a pas le même impact écologique.

1. Les intentions pédagogiques

Nos choix alimentaires individuels ont des conséquences environnementales élémentaires, qui, répétées collectivement, peuvent se révéler néfastes pour l'environnement global. On cherche à en faire la démonstration à travers trois entrées : le rendement énergétique d'une production animale, les conséquences écologiques d'élevages reposant sur des aliments importés de pays tropicaux, la contribution des produits animaux au réchauffement climatique.

Il s'agit donc dans un premier temps de mettre en évidence que l'efficacité énergétique d'un élevage est bien inférieure à celle d'une culture. C'est l'objet du **document 1**. Outre les données chiffrées apportées par ce document, on s'appuiera utilement sur le rappel de la notion de pyramide des productivités (voir page 83 : « Retrouver les acquis »). Remis dans une perspective écologique, le faible rendement énergétique des productions animales apparaît alors non comme un défaut des systèmes d'élevage, mais comme une caractéristique intrinsèque du vivant.

Cette inévitable déperdition énergétique liée au métabolisme animal, ainsi que les autres conséquences négatives abordées dans les documents de la page 91 sont aggravées du fait de l'accroissement démographique et de notre tendance collective à augmenter la part des produits animaux dans nos assiettes (**document 2**). On constate que dans les pays les plus pauvres (exemple du Niger), la part des produits animaux dans l'énergie alimentaire est de l'ordre de 10 %, tandis qu'elle atteint 35 % dans un pays riche (exemple de la France). Entre ces deux situations extrêmes, le cas de la Chine illustre ce qu'est une transition alimentaire : à partir de 1980, le développement économique de ce pays s'accompagne d'une consommation croissante de produits animaux, faisant passer leur contribution à la ration énergétique quotidienne de 8 % en 1980 à 21 % en 2007.

On trouve donc là des réponses aux interrogations suscitées par les documents proposés en entrée de chapitre (page 86).

Le **document 3** explore quelques-unes des conséquences écologiques de cette demande croissante de viande, sur l'exemple des relations inattendues entre la destruction des écosystèmes tropicaux et le contenu de nos assiettes. Le lien est fait entre le steak que nous savourons et la déforestation, la dégradation qualitative et quantitative des sols et des eaux en Amazonie. La dimension économique de cette situation est évoquée et pourra permettre de faire le lien avec l'enseignement de Sciences Économiques et Sociales.

Une conséquence plus globale encore est étudiée dans le **document 4** : il s'agit de la

contribution de nos aliments au réchauffement climatique. On pourra mettre en avant le fait que 30 % des gaz à effet de serre libérés par les activités humaines sont liés à la production de nos aliments, et que la production d'1 kg de steak haché en libère 230 fois plus que celle d'1 kg de pommes de terre ! L'attention pourra aussi être attirée sur le fait que ces valeurs tiennent compte non seulement de la production agricole, mais aussi de ce que cela suppose en amont et en aval.

2. Les pistes d'exploitation

1. Il faut environ 8 kg d'aliment pour bétail pour produire 390 g de viande. Il faut donc 20,5 kg de cet aliment pour produire 1 kg de viande. La valeur énergétique de l'aliment consommé pour produire 1 kg de viande est de 116 410 kJ. Le rendement énergétique de la production est donc de $6\,300 \times 100 / 116\,410 = 5,41\%$. En transférant l'énergie produite par la culture aux animaux d'élevage, c'est près de 95 % de l'énergie qui a été dissipée. Cela confirme que les élevages ont une efficacité énergétique très inférieure à celle des cultures.

2. La transition alimentaire chinoise n'est pas terminée : la part d'énergie d'origine animale peut encore s'accroître, comme le montre le graphe consacré à la situation française. Comme la population chinoise continue d'augmenter et si le niveau de vie se maintient ou s'améliore, la demande de viande devrait, elle aussi, poursuivre sa croissance.

3. Les informations apportées par le document 3 nous incitent à consommer des viandes dont la production se fait dans le respect des écosystèmes naturels, de la biodiversité, des ressources en eau et en sols. Le document 4 montre que chacun peut contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique en choisissant ses aliments selon leur « bilan carbone ». Dans cette perspective, la consommation de produits animaux devrait donc être réduite.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « L'élevage accusé de nuire à l'environnement, riposte ».
- **Encyclopedia Universalis :**
« Alimentation (Comportement et pratiques alimentaires). Évolution de la consommation ». Article présentant entre autre l'évolution de la consommation alimentaire au cours de l'Histoire, en lien avec les changements socio-économiques.
- **Rapport du WWF** (source du document 3, p. 91).
« Monoculture de soja : consommer de façon responsable de la viande pour baisser notre impact sur les forêts. »
http://www.protegelaforet.com/sites/default/files/FICHE_SOJA_PC.pdf

Pratiques agricoles, santé et environnement (p. 92-93)

Connaissances	Capacités et attitudes
La recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent les problèmes : <ul style="list-style-type: none"> - de l'exportation de biomasse, de la fertilité des sols. D'où des apports d'engrais (coût énergétique et atteintes portées à l'environnement) ; - des produits phytosanitaires (pollutions, santé) ; - des ressources en eau (épuisement des gisements, pollutions). Le choix des techniques culturales doit concilier la production, la gestion durable de l'environnement et la santé.	<ul style="list-style-type: none"> - Relier les progrès de la science et des techniques à leur impact sur l'environnement au cours du temps. - Étudier l'impact sur la santé ou l'environnement de certaines pratiques agricoles (conduite d'un élevage ou d'une culture).

1. Les intentions pédagogiques

L'impact d'une agriculture intensive sur l'environnement a déjà été évoqué dans l'activité précédente (document 3). Il s'agit ici de développer cet aspect et de montrer quelles conséquences peuvent avoir ces atteintes environnementales sur la santé humaine.

L'étude est menée à partir de deux cas bien documentés : les apports excessifs d'azote et leurs conséquences sur la pollution des nappes phréatiques et des eaux superficielles d'une part, l'utilisation d'un insecticide à forte rémanence environnementale (le chlordécone) d'autre part.

Le **document 1** présente, à partir d'un extrait de rapport ministériel, la problématique des nitrates à l'échelle française. Il fait le lien entre des pratiques agricoles intensives, des apports excessifs d'azote dans les sols, l'eutrophisation des eaux superficielles et le phénomène de marée verte.

Le lien est fait avec la santé humaine dans le **document 2**. Les effets des nitrates et de leurs dérivés minéraux et organiques sur les capacités respiratoires, sur les risques de cancer sont décrits. La carte de la qualité des eaux superficielles en nitrates montre l'ampleur du problème à l'échelle régionale. Elle constitue un appel à l'utilisation de l'outil de cartographie interactive « Geoïdd France », à partir duquel des informations locales et actualisées pourront être obtenues par les élèves. D'autres outils d'information géographique peuvent être mis en œuvre sur ce même thème, afin d'affiner encore la résolution territoriale, jusqu'à l'échelle de la commune (voir page suivante les ressources complémentaires).

Le **document 3** aborde le problème de la pollution de l'environnement par le chlordécone. À partir de cet exemple, la dangerosité d'une utilisation mal maîtrisée des pesticides chimiques est analysée : risques liés à la dissémination des produits dans l'atmosphère, le sol, l'eau, risques liés à leur rémanence dans l'environnement, à leur toxicité à large spectre, à leur accumulation au sein de la pyramide écologique. Le danger pour l'environnement naturel est, comme dans l'exemple précédent, relié à un danger pour l'Homme : certains risques associés à une contamination de nos aliments et boissons par le chlordécone sont aujourd'hui établis.

2. Les pistes d'exploitation

1. L'apport excessif d'azote sur les terres agricoles est une cause de l'eutrophisation. L'azote excédentaire résulte d'un mauvais équilibre entre les besoins des plantes (cultures, prairies) et les épandages d'engrais minéraux et d'effluents d'élevage. Les conséquences de l'eutrophisation sont la prolifération des bactéries, la consommation du dioxygène de l'eau, l'asphyxie de la faune aquatique et, finalement, sa disparition.

3. Le chlordécone est très peu biodégradable : il persiste dans l'eau, contamine les végétaux. Puis il subit une bioaccumulation : il est stocké dans les graisses des consommateurs. Les écosystèmes fonctionnant de manière pyramidale (il faut en moyenne 10 kg de nourriture pour produire 1 kg d'être vivant), la concentration du chlordécone est multipliée par 10 d'un niveau trophique au suivant, comme l'indique la pyramide du document 3.

4. Le chlordécone est toxique pour le système nerveux, le foie, les régulations hormonales et la reproduction. Il augmente le risque de cancer de la prostate.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « Pratiques culturelles et environnement : la fertilisation raisonnée ».
- **Observation et statistiques de l'environnement :** Ce site présente l'information et les données sur l'environnement assemblées par le service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Commissariat général au développement durable (CGDD). Il donne, entre autres, accès à l'outil de cartographie interactive « Geoïdd France ».
<http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/>
- **Ministère de la Santé :** pour accéder aux résultats d'analyse de l'eau du robinet de votre commune :
<http://www.sante.gouv.fr/resultats-du-controle-sanitaire-de-la-qualite-de-l-eau-potable.html>
- **Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA) :** Ce site présente le point de vue de l'industrie des engrais sur les fonctions remplies par ces produits, sur leurs utilisations, mais aussi sur leurs conséquences environnementales et sur la santé humaine.
<http://www.unifa.fr/index.php>
- « **ConsoGlobe** » : portail Internet dédié au « développement durable et à la nouvelle consommation responsable », pages consacrées aux résidus de pesticides dans nos aliments.
<http://www.consoglobe.com/developpement-durable-et-consommation-ecologique/>
- **Observatoire des résidus de Pesticides, site gouvernemental.** On y trouvera de nombreuses informations utiles, entre autres, sur le chlordécone.
<http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/index.php>
- **Expertise scientifique collective :** Pesticides, agriculture et environnement. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA et le Cemagref à la demande du Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP) et du Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD). Décembre 2005.
http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/704624261252893935317453066156/pesticides_synthese_inra_cemagref.pdf
- **Livre :** *Cancers et pesticides*, I. Baldy et P. Lebailly, Supplément à la *revue du Praticien* pp. 40-44, vol. 57, 15 juin 2007. Monographie faisant le point sur le suivi d'une cohorte de 175 000 agriculteurs français concernant les liens éventuels entre leurs usages de pesticides et le développement de cancers.
http://references-sante-securite.msa.fr/files/SST/SST_1200049491062_CANCERS_ET_PESTICIDES.pdf

Améliorations génétiques, santé et environnement (p. 94-95)

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La recherche de rendements et l'amélioration qualitative des productions posent le problème de l'amélioration des races animales et des variétés végétales par la sélection génétique, les manipulations génétiques, le bouturage ou le clonage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer, à partir de résultats simples de croisements, le principe de la sélection génétique (« vigueur hybride » et « homogénéité de la F1 »). - Relier les progrès de la science et des techniques, à leur impact sur l'environnement au cours du temps. - Étudier l'impact sur la santé ou l'environnement de certaines pratiques agricoles (conduite d'un élevage ou d'une culture).

1. Les intentions pédagogiques

Ces activités ont pour premier objectif de montrer que l'amélioration qualitative et quantitative des productions agricoles passe non seulement par des pratiques, mais aussi par la transformation génétique des plantes cultivées et animaux d'élevage. Les modalités de ces transformations sont décrites dans une perspective historique, centrée sur la sélection génétique de variétés hybrides d'une part, sur l'obtention de variétés transgéniques d'autre part. On cherche également à montrer que ces techniques récentes posent des problèmes de santé et/ou d'environnement et font débat dans la société.

Le **document 1** présente l'exemple de la sélection génétique du maïs. Deux étapes majeures sont abordées, leurs avantages et inconvénients comparés : la sélection de variétés paysannes, sélection empirique, au long cours, favorise la biodiversité des cultures, produit des plantes adaptées aux conditions locales de sol, de climat, résistantes aux aléas (maladies, météorologie...) mais les rendements sont faibles et les caractéristiques variétales hétérogènes. La sélection scientifique de variétés hybrides à partir de lignées pures permet d'améliorer rapidement et très fortement les rendements, l'homogénéité variétale, mais réduit la biodiversité de l'espèce, ses capacités d'adaptation, et oblige à une agriculture plus consommatrice d'intrants. Enfin, le principe d'obtention d'une variété hybride est schématisé, ce qui permet de réinvestir les connaissances de génétique (ce principe peut parfaitement être compris avec les connaissances des classes de 3^e et 2^e), de comprendre les notions d'homogénéité de la F1 et de vigueur hybride. Un prolongement est possible à partir de ce schéma vers une dimension plus socio-économique, à travers l'impossibilité pour l'agriculteur utilisant des semences F1 de conserver une partie de sa récolte pour la semer l'année suivante (voir pistes d'exploitation 1).

Les **documents 2 et 3** sont consacrés à une troisième étape dans l'amélioration génétique des espèces animales et végétales : l'obtention d'organismes génétiquement modifiés. Le principe de la transgénèse a été abordé en classe de 2^e. On centre l'étude sur les conséquences de cette technique, sur les pratiques culturales et d'élevage, ainsi que sur les conséquences pour l'environnement et la santé. Sur ce dernier point (document 3), le débat est ouvert et quelques arguments opposés sont présentés. La liste n'est pas exhaustive et pourra donner lieu à des recherches de la part des élèves (voir page suivante les ressources complémentaires).

2. Les pistes d'exploitation

1. Les gamètes mâles comme les gamètes femelles contenus dans les fleurs des individus F1 contiendraient quatre sortes de combinaisons génétiques équiprobables. On peut dresser un tableau de croisement de ces gamètes et montrer que seule 1 graine sur 16 présenterait la même combinaison génétique que les F1, et que 7 graines sur 16 conduiraient à la réapparition de caractères récessifs défavorables pour l'agriculteur (faible productivité et/ou maturité tardive). Cela poserait plusieurs problèmes à l'agriculteur : d'une part, tous les plants ne seraient pas mûrs en même temps, ce qui compromettrait la récolte, d'autre part, la productivité d'ensemble serait amoindrie.

2. Le témoin transgénique ne recevant aucun traitement herbicide a un rendement de 74,14 q/ha, nettement inférieur à ceux de cette même variété traitée à l'aide de divers herbicides. La résistance de cette variété aux herbicides est donc un atout pour l'agriculteur : le désherbage chimique améliore le rendement de sa culture. On constate aussi que la combinaison de plusieurs herbicides en traitement précoce (stade 2 feuilles) donne le meilleur résultat. Ainsi présentés, les résultats seraient en faveur de l'utilisation de cette variété transgénique et des herbicides qui lui sont associés. Le commentateur pourra aussi relever que cet essai a été réalisé par l'industrie des semences et de la protection des plantes et non par un laboratoire indépendant. Ainsi, on peut noter l'absence d'expérience témoin qui aurait été réalisée avec une ou plusieurs variétés non transgéniques désherbées mécaniquement.

3. Dans le cas des cultures résistantes aux herbicides (document 2), l'impact sur la biodiversité végétale est évidemment très négatif, puisque la seule plante capable de pousser dans le champ est la variété cultivée. Quant aux espèces cultivées ou élevées, la généralisation des variétés et races transgéniques réduirait considérablement leur biodiversité : le document 3 nous apprend en effet que les OGM concurrencent les variétés classiques et de pays. De plus, il existe un risque de transfert de caractères transgéniques sur des organismes sauvages.

4. Des effets positifs sont attendus par les « pro-OGM » concernant la qualité des produits alimentaires : lutte contre certaines carences, diminution de la toxicité de certains aliments... Inversement, les « anti-OGM » craignent que les aliments contenant des OGM puissent présenter des risques pour la santé. Du point de vue quantitatif, les « pro-OGM » avancent que certaines variétés OGM seraient plus productives, par exemple grâce à une meilleure résistance aux contraintes de l'environnement. Mais les « anti-OGM » opposent à cet argument la grande pauvreté de la plupart des paysans du monde, qui ne leur permet pas d'acheter ou de cultiver convenablement ces variétés transgéniques.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « Sélection génétique et production laitière au Mali ».
- **Groupement National Interprofessionnel des Semences et Plants :**
Site de référence présentant le point de vue des professionnels sur la production des semences et l'amélioration variétale. Consulter en particulier l'espace pédagogique.
<http://www.gnis.fr/>
- **Pour amorcer un débat autour des OGM :**
<http://www.linternaute.com/science/environnement/dossiers/06/0602-bons-ogm/>
<http://www.fao.org/french/newsroom/focus/2003/gmo1.htm>

La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève p. 231.

6 Les effets des pesticides sur la procréation humaine

On constate que chez les hommes exposés aux pesticides agricoles (ruraux), le nombre de spermatozoïdes par mL de sperme est en baisse de 77 %. De plus, la mobilité des spermatozoïdes est amoindrie de 17 %. Chez les femmes rurales, la fréquence des accouchements prématurés est triplée, celle des naissances d'enfants de faible poids multipliée par 2,6. Il apparaît donc clairement qu'une forte exposition aux pesticides altère la fonction de procréation.

7 Combien de kilomètres dans mon assiette ?

1. Pour assembler tous les ingrédients du yaourt (les constituants de son contenant et de son emballage), puis pour l'acheminer jusqu'à la table du consommateur, 9 115 kilomètres auront dû être parcourus.
2. Cette distance correspond à un quart du tour de la Terre ! Tout au long de ces kilomètres, de l'énergie a été dépensée. L'utilisation de carburants fossiles libère des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et contribue au réchauffement climatique.
3. On peut favoriser le remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables ; on peut aussi rapprocher les lieux de production des consommateurs, en favorisant des filières courtes (produits « du terroir »). On peut enfin veiller à limiter le gaspillage des kilomètres alimentaires, en gérant mieux son réfrigérateur afin de ne plus jeter de produits périmés !

Qualité des sols et de l'eau

Activités pratiques

1

Le sol, milieu d'échanges de matière (p. 104-105)

Connaissances	Capacités et attitudes
Le sol : milieu d'échanges de matière.	Exploiter des documents et mettre en œuvre un protocole pour comprendre les interactions entre le sol et une solution ionique en termes d'échanges d'ions.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est la mise en évidence des deux échanges de matière se produisant dans le sol : transfert de matière de l'eau du sol vers le complexe argilo-humique et transfert de matière du complexe argilo-humique vers les racines des plantes. Le complexe argilo-humique joue ainsi le rôle de réservoir de minéraux.

Le **document 1** présente la constitution d'un sol et met en évidence les interfaces terre-eau qui permettent une bonne circulation de l'eau et les futurs transferts de matière.

Le **document 2** est une activité expérimentale qui permet de conclure sur la charge superficielle négative du complexe argilo-humique car ce dernier ne retient que les cations (bleu de méthylène) et non les anions (éosine). La capacité d'adsorption du complexe argilo-humique est également mise en évidence.

Le **document 3** précise des tests de caractérisation d'un anion (les ions nitrate NO_3^-) et d'un cation (les ions calcium Ca^{2+}).

Le **document 4** est un schéma à compléter permettant la compréhension des deux transferts de matière.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les pores entre les agrégats peuvent être occupés par de l'air ou de l'eau (eau de sol) qui contient des minéraux. Des interfaces existent donc entre le complexe argilo-humique et l'eau du sol et entre le complexe argilo-humique et les racines des végétaux. Puisqu'il existe des interfaces, un transfert de matière de l'eau du sol vers le complexe argilo-humique est possible, de même qu'un second transfert de matière du complexe argilo-humique vers les racines du végétal. De plus, la présence de l'eau dans les pores permet l'absorption de l'eau par les végétaux.

2. Lors de la filtration, la solution de bleu de méthylène s'éclaircit remarquablement. Le cation responsable de la couleur bleue du bleu de méthylène est donc adsorbé

par la terre ou plus précisément par le complexe argilo-humique. La filtration de l'éosine modifie très peu la coloration de la solution. L'anion responsable de la coloration de la solution d'éosine n'est donc pas retenu par le complexe argilo-humique. Le complexe argilo-humique retient donc les cations et non les anions. Sa charge superficielle doit donc être négative.

3. Les ions nitrates NO_3^- qui sont des anions ne sont pas retenus par le complexe argilo-humique contrairement au cation Ca^{2+} .

4. Les ions retenus par le complexe argilo-humique sont Ca^{2+} , NH_4^+ car il s'agit de cations. Les ions nitrate NO_3^- de charge négative sont lessivés. Le premier transfert de matière correspond à un transfert de l'eau du sol vers le complexe argilo-humique. Le second transfert est un transfert du complexe argilo-humique vers les racines des végétaux.

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

Fiche documentaire « Culture du maïs et gestion de la ressource en eau ».

■ **Matériel :**

Des tubes à essai, 2 entonnoirs, du papier filtre, 2 béchers, des bandelettes d'identification des nitrates, 1 solution d'éosine, 1 solution de bleu de méthylène, de la terre de jardin mélangée à du terreau, 1 solution d'oxalate d'ammonium saturée.

■ **Livres :**

– Bliefert, Perraud, *Chimie de l'environnement, Air, eau, sols et déchets*, De Boeck.

– Gilles André, Josette Fournier, *Écolochimie*, éd. Cultures et Techniques.

– Jean-Pierre Lecardonnel et Brigitte Proust, *Physique-Chimie Seconde, programme 1993*, Bordas.

Les engrais et les produits phytosanitaires (p. 106-107)

Connaissances	Capacités et attitudes
Engrais et produits phytosanitaires ; composition chimique.	Mettre en œuvre un protocole expérimental pour doser par comparaison une espèce présente dans un engrais ou dans un produit phytosanitaire.

1. Les intentions pédagogiques

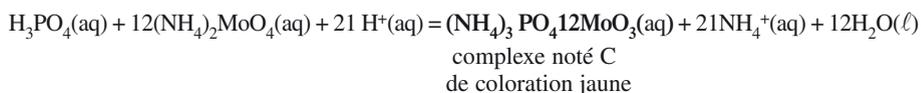
L'objectif est de montrer dans un premier temps la nécessité de la fertilisation des sols. Ensuite, deux dosages par comparaison sont proposés :

- comparaison des teintes lors d'un dosage des ions phosphate PO_4^{3-} d'un engrais liquide « Algoflash » ;
- comparaison par proportionnalité des volumes équivalents d'un dosage des ions Fe^{2+} d'un produit phytosanitaire anti-chlorose de l'hortensia.

Le **document 1** montre la nécessité de la fertilisation d'un sol. Les végétaux ont besoin pour se développer des éléments azote N, phosphore P et potassium K. La composition atomique moyenne des végétaux en ces trois éléments est supérieure à la composition atomique moyenne de la croûte terrestre. Ces éléments sont donc présents de façon insuffisante dans le sol d'où la nécessité d'une fertilisation et d'engrais contenant ces trois éléments (engrais NPK).

Le **document 2** est une activité expérimentale qui propose un dosage par comparaison des ions phosphate d'un engrais liquide en utilisant une gamme étalon. L'engrais liquide utilisé est l'engrais liquide « Algoflash » (engrais complet contenant calcium, magnésium en plus des éléments nutritifs essentiels N, P, K, acheté dans une jardinerie).

En milieu acide, les ions phosphate PO_4^{3-} forment en milieu acide avec les ions molybdate un complexe phosphomolybdique de coloration jaune suivant une réaction quantitative :



Dans ce complexe, l'élément molybdate est dans l'état d'oxydation décrit +VI. En présence d'acide ascorbique (vitamine C), l'élément molybdate dans le complexe C est réduit en molybdate de degré d'oxydation +V. Le complexe C' nouvellement formé est alors de couleur bleue. En plaçant les ions phosphate en défaut, la concentration du complexe dépend uniquement de la concentration des ions phosphate. Plus la concentration de ce complexe est grande, plus l'intensité de la couleur bleue est importante.

Les solutions utilisées sont :

- solution S_A de phosphate PO_4^{3-} à $C_A = 125 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (préparée par dissolution avec de l'acide sulfurique à 15 %) ;
- solution S_R du réactif sulfomolybdique à $C_R = 150 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (préparée par dissolution avec de l'acide sulfurique concentré) ;
- solution S_B d'acide ascorbique à $C_B = 17,6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (préparée par dissolution dans l'eau distillée).

En suivant le protocole, on obtient une échelle de teintes. Une comparaison des

colorations permet de donner un encadrement de la concentration en phosphate de la solution d'engrais, puis celle de l'engrais.

Il est à noter que les colorations évoluent avec le temps. À la fin du chauffage, les colorations de tous les tubes sont bleues puis évoluent (photographies réalisées dans l'ouvrage au bout de 6 heures). Au bout de plusieurs heures, la teinte du tube S_x est toujours intermédiaire à celles des tubes 2 et 3. L'activité expérimentale peut donc être réalisée en deux séances.

Le **document 3** est une activité expérimentale du dosage des ions Fe^{2+} d'un produit phytosanitaire anti-chlorose. Il s'agit du produit KB anti-chlorose reverdissant (sulfate de fer avec chélate de fer acheté dans une jardinerie).

Il s'agit d'un dosage colorimétrique. Une solution S_0 est obtenue en dissolvant 3,00 g de produit anti-chlorose en présence de 15 mL d'acide sulfurique à 98 % puis on complète à 100 mL avec de l'eau distillée.

Les ions Fe^{2+} présents dans la solution S_0 sont oxydés par les ions permanganate. Lorsque tous les ions Fe^{2+} ont été consommés, les ions permanganate sont en excès d'où une coloration violette et la détermination de l'équivalence. Par comparaison du volume équivalent d'une solution étalon de Fe^{2+} , on en déduit la concentration des ions Fe^{2+} dans S_0 , ce qui permet de déterminer le pourcentage massique en ions Fe^{2+} dans le produit phytosanitaire. Le dosage est un exemple d'un dosage par comparaison.

Il est à noter que dans pratiquement tous les produits anti-chlorose, les ions Fe^{2+} sont chélatés (complexés par au moins deux liaisons de coordination). La cinétique de la réaction peut s'avérer lente. Il est donc indispensable d'être en milieu très acide pour permettre la libération des ions Fe^{2+} et une cinétique rapide. Il faut absolument ajouter lors des essais 10 mL d'acide sulfurique concentré (comme indiqué dans le protocole).

Les dosages sont concordants, il est conseillé de bien homogénéiser le paquet de produit anti-chlorose car celui s'avère inhomogène.

2. Les pistes d'exploitation

1. L'azote N, le phosphore P et le potassium K ont une composition atomique moyenne supérieure dans la matière sèche des végétaux que dans la croûte terrestre. Il en découle une carence en ces éléments dans le sol d'où la nécessité de fertiliser le sol en azote N, phosphore P et potassium K afin d'assurer une bonne croissance des végétaux.

2. La solution S_x a une teinte intermédiaire entre celles des tubes 2 et 3. La concentration massique C_x de la solution S_x peut être encadrée par :

$$2,3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \leq C_x \leq 4,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

Les 40 mL de la solution S_x ont été obtenus en dissolvant 1 mL d'une solution A (préparée à partir 0,10 mL d'engrais liquide dans 100 mL d'acide sulfurique).

Les ions phosphate PO_4^{3-} présents dans la solution S_x proviennent uniquement de la solution A donc la concentration en ions phosphate PO_4^{3-} de la solution A est 40 fois plus grande que celle de S_x soit $C_A = 40 \times C_x$.

Or l'engrais est 100/0,10 = 1 000 fois plus concentré en ions phosphate PO_4^{3-} que la solution S_A donc l'engrais liquide est 1 000 \times 40 = 40 000 fois plus concentré que S_x .

3. Par proportionnalité, la concentration massique C_0 en ions Fe^{2+} de la solution S_0 est : $C_0 = 5,00(15,3/11,9) = 6,43 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Dans les 100 mL de S_0 ; il y a donc 643 mg d'ions Fe^{2+} . Les ions Fe^{2+} ne proviennent que du produit anti-chlorose soit un titre massique de $0,643/3,00 = 21,4 \% \approx 21 \%$.

3. Ressources complémentaires

■ Matériel :

Pour le dosage de l'engrais :

5 béchers, 5 tubes à essai, 1 burette, 1 plaque chauffante et 1 cristalliseur pour bain-marie, 1 thermomètre, 1 solution de phosphate à $125 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (préparée avec la solution d'acide sulfurique à 15 %), 1 solution d'acide ascorbique à $17,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 1 solution de molybdate d'ammonium (à $150 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), de l'engrais Algoflash.

Pour le dosage du produit phytosanitaire :

2 erlenmeyers, 1 burette, 1 pipette jaugée de 10,0 mL, 1 propipette, 1 éprouvette de 10 mL, 1 plaque chauffante et 1 cristalliseur pour bain-marie, 1 thermomètre, 1 solution de permanganate de potassium à $4,75 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, de l'acide sulfurique concentré, 1 produit anti-chlorose KB.

■ Livres :

– Gilles André, Josette Fournier, *Écolochimie*, éd. Cultures et Techniques.

– Recueil d'épreuves sélectionnées des quatre premières Olympiades Nationales de la Chimie.

– Fabien Miomandre, « Dosage des ions phosphate d'un engrais », *Bulletin de l'Union des Physiciens*, Vol 99, février 2005.

La diversité des eaux de consommation (p. 108-109)

Connaissances	Capacités et attitudes
Eau de source, eau minérale, eau du robinet ; composition chimique d'une eau de consommation.	Réaliser une analyse qualitative d'une eau.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de mettre en évidence la diversité des eaux de consommation (eau du robinet, eaux minérales, eaux de source) par l'analyse qualitative des espèces chimiques présentes dans les différentes eaux de consommation.

Le **document 1** met en évidence les différentes eaux de consommation et le tableau présente leurs différentes compositions.

Le **document 2** présente la formation d'une eau minérale obtenue par filtration de l'eau de pluie à travers l'humus et le sable et les différentes roches. Il permet d'expliquer la minéralité quasi constante des eaux minérales.

Le **document 3** montre les effets néfastes de la présence des ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} par la formation de tartre (par exemple sur les résistances de machine à laver). Le document permet ainsi d'introduire de façon qualitative la notion de dureté d'une eau.

Le **document 4** est une activité expérimentale permettant de connaître la composition de deux eaux minérales (Contrex et Vichy Saint-Yorre) et d'une eau de source (Fiées des Lois). Des tests de caractérisation (ions chlorure Cl^- , ions sulfate SO_4^{2-} et ions calcium Ca^{2+}) permettent d'attribuer une étiquette à une bouteille d'eau. Plus un précipité se forme, plus la teneur de l'ion testé est importante. Cette activité, par l'analyse qualitative de trois eaux de consommation, permet de reprendre les compétences acquises en Seconde sur des tests caractéristiques des ions et illustre les compositions variées des différentes eaux de consommation.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les eaux de consommation contiennent majoritairement les ions hydrogénocarbonate, calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate, chlorure. Des constituants minoritaires comme le fluor ou les nitrates (à l'exception de l'eau de Paris). Les eaux de source ont une composition qui peut varier car elles peuvent provenir de différentes sources et donc de régions éloignées d'où des différences de teneur en constituants minéraux.

2. Une eau minérale présente peu de polluants. En effet, lors de la filtration de l'eau de pluie, les polluants sont adsorbés par les différents matériaux que traverse l'eau de pluie et sont donc éliminés de l'eau.

3. Plus la somme des concentrations des ions calcium Ca^{2+} et des ions magnésium Mg^{2+} est grande, plus l'eau est qualifiée de dure.

Eau	Eau de Paris	Vichy Saint-Yorre	Contrex	Fiées des Lois
$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$ en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	96	101	543	120

On peut classer les eaux par ordre croissant de dureté : dureté (eau de Paris) < dureté (Vichy Saint-Yorre) < dureté (Fiées des Lois) < dureté (Contrex).

4.

	Test des ions Cl^-	Test des ions SO_4^{2-}	Test des ions Ca^{2+}
Bouteille A	Important précipité blanc	Léger trouble blanc	Léger trouble blanc
Bouteille B	Léger trouble blanc	Léger trouble blanc	Léger trouble blanc
Bouteille C	Pas de précipité	Important précipité blanc	Important précipité blanc
Interprétation	La teneur en ions Cl^- est plus importante dans l'eau de la bouteille A, puis dans celle de B et enfin pratiquement nulle dans celle de C.	La teneur en ions SO_4^{2-} est bien plus importante dans l'eau de la bouteille C. Une incertitude persiste sur la teneur en SO_4^{2-} dans les eaux des bouteilles A et B.	La teneur en ions Ca^{2+} est bien plus importante dans l'eau de la bouteille C. Une incertitude persiste sur la teneur en Ca^{2+} dans les eaux des bouteilles A et B.
Identification	Bouteille A : Vichy Saint-Yorre Bouteille B : Fiées des Lois Bouteille C : Contrex	Bouteille C : Contrex	Bouteille C : Contrex

→ Bouteille A : Vichy Saint-Yorre ; Bouteille B : Fiées des Lois ; Bouteille C : Contrex.

3. Ressources complémentaires

■ Matériel :

2 erlenmeyers, 1 burette, 1 pipette jaugée de 10,0 mL, 1 propipette, 1 éprouvette de 10 mL, 1 plaque chauffante et 1 cristalliseur pour bain-marie, 1 thermomètre, 1 solution de permanganate de potassium à $4,75 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, de l'acide sulfurique concentré, 1 produit anti-chlorose KB.

■ Sites :

– Composition de l'eau de Paris :

http://www.eaudeparis.fr/jsp/site/Portal.jsp?page_id=300

– Dossier scientifique sur l'eau :

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/compoChim.html>

– Histoire d'une eau minérale :

<http://www.volvic.fr/volvic-les-bienfaits-2.php#menu1>

■ Livre :

Jean-Pierre Lecardonnell et Brigitte Proust, *Physique-Chimie Seconde, programme 1993*, Bordas.

Traiter l'eau pour la rendre potable (p. 110-111)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Critères physico-chimiques de potabilité d'une eau. - Traitement des eaux naturelles. 	Rechercher et exploiter des informations concernant : <ul style="list-style-type: none"> - la potabilité d'une eau ; - le traitement des eaux naturelles ; - l'adoucissement d'une eau dure.

1. Les intentions pédagogiques

L'activité pratique propose de présenter les critères de potabilité d'une eau et de mettre en évidence les traitements des eaux naturelles en vue de les rendre potables.

Le **document 1** présente les critères de potabilité de l'eau : qualité microbiologique, qualité chimique (teneur maximale) et les qualités physique et gustative.

Le **document 2** informe sur l'existence de la surveillance de la composition chimique de l'eau du robinet.

Le **document 3** donne la composition chimique des eaux de Paris, Vichy Saint-Yorre, Contrex. L'objectif du document est de conclure sur la potabilité de ces différentes eaux.

Le **document 4** présente les deux principaux types de traitements des eaux prélevées dans le milieu naturel : clarification de l'eau par filtration, floculation et décantation et la désinfection de l'eau par ozonation ou chloration.

Le **document 5** est une activité expérimentale mettant en évidence la déminéralisation par l'utilisation d'une résine échangeuse d'ions. La résine utilisée est une résine de type Amberlite IRN77, résine anionique sulfonique (présence des groupes sulfonate ($-SO_3^-$)).

L'eau Hépar caractérisée par sa dureté importante (test positif à l'oxalate d'ammonium caractéristique des ions calcium Ca^{2+}) est éluée dans une colonne contenant la résine Amberlite IRN77. La solution filtrée ne contient plus d'ions calcium (test négatif à l'oxalate d'ammonium). Les ions calcium ont été retenus par les groupements sulfonates et échangés par des ions hydronium H^+ .

2. Les pistes d'exploitation

1. D'après les critères de potabilité, l'eau Vichy Saint-Yorre présente une teneur en ions chlorure et sodium supérieure aux limites de potabilité ; pour l'eau Contrex, la teneur en ions magnésium est trop élevée. Selon ces critères, ces deux eaux ne sont donc pas potables. L'eau de Paris vérifie strictement tous les critères de potabilité. Les deux eaux minérales (Contrex, Vichy Saint-Yorre) sont consommables mais il est déconseillé de les boire de façon unique tous les jours.

2. Cf. schéma page 113.

3. Les ions Ca^{2+} (ou Mg^{2+}) s'adsorbent sur la résine échangeuse d'ions qui libère des ions hydronium H^+ .

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

1 colonne avec résine Amberlite IRN77, 1 bécher, 1 tube à essai, de l'eau Hépar, 1 solution d'oxalate d'ammonium saturée.

■ **Sites : Critère de potabilité**

<http://www.lesagencesdeleau.fr/francais/qualite/criteres.php>

http://www.strasbourg.eu/environnement/eau/fiche_2.pdf?FileID=documentsprincipaux%2Fenvironnement%2Ffeu%2F%C3%A9co-consommateur%2Ffiche_2.pdf

■ **Livre :**

Collection « Claude Lizeaux - Denis Baude », *Enseignement scientifique SVT – Physique-Chimie*, 1^{re} L, édition 2007, Bordas.

La correction des exercices 1 à 3 figure dans le manuel de l'élève p. 231.

4 Composition d'un engrais

L'engrais ne contient pas l'élément K. Il contient l'élément P (test positif des ions phosphate) et l'élément N (test positif des ions NH_4^+). Il s'agit d'un engrais composé NP.

5 À propos des eaux potables

1. L'eau de Salvetat est la plus acide (pH le plus faible), c'est donc l'eau A. L'eau d'Évian est l'eau la plus basique (pH le plus élevé), c'est donc l'eau B. L'eau de Contrex est donc l'eau C.
2. Les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} sont responsables de la dureté de l'eau. Plus leur concentration est grande, plus l'eau est dure. L'eau la plus dure est l'eau de Contrex, l'eau la moins dure est l'eau d'Évian.
3. Dans le tube 2, il y a un précipité blanc abondant qui montre une teneur importante d'ions sulfate. Le tube 2 correspond donc à l'eau de Contrex, le tube 1 à l'eau d'Évian.

Aspects biologiques de la conservation des aliments

Activités pratiques

1

Les aliments, milieux de vie pour les microorganismes (p. 118-119)

Connaissances	Capacités et attitudes
Certaines techniques de conservation se fondent sur la connaissance de la biologie des microorganismes, dont certains sont pathogènes, et visent à empêcher leur développement.	Expliquer à partir de données expérimentales ou documentaires le rôle des conditions physico-chimiques sur le développement de microorganismes.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif de cette activité est double :

- d'une part montrer que les aliments constituent ou peuvent constituer un milieu de vie pour certains organismes microscopiques ;
- d'autre part montrer que certains des microorganismes se développant aux dépens des aliments peuvent être pathogènes.

Note : les auteurs ont utilisé l'écriture « microorganisme », en un seul mot, car c'est celle utilisée dans le programme. Cependant, l'écriture « micro-organisme » est tout aussi valable.

Le mot « microbe » peut également être utilisé (mot introduit au XIX^e siècle pour désigner les êtres vivants microscopiques mais dans le langage familier ce mot est souvent associé aux microorganismes pathogènes).

Le **document 1** montre qu'un aliment peut être naturellement un substrat pour divers microorganismes. La présence de bactéries ou de champignons sur un aliment ne doit pas être considérée *a priori* comme une anomalie. Dans bien des cas, et les fromages en sont un bel exemple, ces microorganismes sont même une nécessité. Ce premier exemple permet de présenter aux élèves les deux principales catégories de microorganismes dont il sera question dans ce chapitre : les bactéries et les champignons (moisissures). On montrera alors que, puisque ces microorganismes ont besoin d'une matière première organique, les aliments constituent bien entendu un substrat très propice à leur développement.

Cependant, on comprend facilement que des microorganismes indésirables puissent également se développer sur ces mêmes aliments : le cas bien connu de la listériose est présenté ici et répond au document d'interrogation proposé au début du chapitre (page 116). Il sera intéressant de faire remarquer que le nombre de cas de listériose est

finalement faible : on peut donc se demander comment, de la fabrication à la consommation, on parvient à ce résultat globalement satisfaisant.

Le **document 2** permet d'élargir l'étude du premier exemple mais concentre l'attention sur le développement de microorganismes qui détériorent la qualité des aliments. Là encore, on fera comprendre aux élèves que le développement de microorganismes aux dépens de la matière organique est un processus naturel, inévitable si des précautions ne sont pas prises.

Le **document 3** va encore un peu plus loin et aborde la question des risques pour la santé : il est alors possible de distinguer infection alimentaire et intoxication alimentaire. Dans le premier cas, c'est surtout la multiplication des germes indésirables qui est en cause. Dans le second cas, le risque provient des substances toxiques produites par certains microorganismes. Cependant, en pratique, les deux phénomènes interviennent et on parle couramment de toxi-infection alimentaire.

Au cours de cette activité, on comprend bien que les aliments sont naturellement des milieux de vie, ou des milieux de vie potentiels, pour des organismes microscopiques. Mais il est déjà possible de relever certaines conditions favorables au développement de microorganismes : ainsi, les aliments frais, crus, broyés apparaissent particulièrement vulnérables.

2. Les pistes d'exploitation

1. Un aliment comme le camembert est propice au développement de microorganismes car il contient du lait (acide lactique) dont se nourrissent certains champignons et bactéries. Le lait cru est particulièrement favorable. De plus, le camembert est « affiné », ce qui laisse beaucoup de temps pour que les microorganismes puissent se développer.
2. Plusieurs facteurs peuvent favoriser le développement de microorganismes dans les aliments : aliments frais, non cuits, exposition prolongée à l'air libre, broyage qui augmente la surface de contact, manipulation par la main de l'homme.
3. Quelques exemples d'aliments particulièrement vulnérables : fromages, fruits et légumes, desserts lactés, viandes hachées...
4. Exemples de maladies microbiennes transmises par les aliments : entérites à campylobacter (infections alimentaires les plus fréquentes en Europe), salmonelloses, listériose, intoxications à staphylocoques, brucellose, toxoplasmose, botulisme, shigellose (dysenterie)... Certains virus sont également responsables d'infections alimentaires (hépatite A). On peut également citer les micro-algues toxiques (*Dinophysis*) parfois présentes dans certains coquillages et responsables d'intoxications alimentaires.

3. Ressources complémentaires

- **L'Institut de Veille Sanitaire (InVS)** fournit des données sur les intoxications alimentaires collectives :
<http://www.invs.sante.fr/surveillance/tiac/>
- **L'Institut Pasteur** présente les principales maladies d'origine alimentaire.
- **Livre : Microbiologie**, John P. Harley, Donald A. Klein, Lansing M. Prescott, Linda M. Sherwood, Joanne M. Willey, Christopher J. Woolverton, Éditions De Boeck.
- **Site de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire :**
<http://www.anses.fr/>

Des techniques pour conserver les aliments (p. 120-121)

Connaissances	Capacités et attitudes
Certaines techniques de conservation se fondent sur la connaissance de la biologie des microorganismes, dont certains sont pathogènes, et visent à empêcher leur développement.	<ul style="list-style-type: none"> – Expliquer à partir de données expérimentales ou documentaires le rôle des conditions physico-chimiques sur le développement de microorganismes. – Expliquer les conseils de conservation donnés aux consommateurs.

1. Les intentions pédagogiques

Cette deuxième activité met en relation les conditions favorables au développement des microorganismes et les principales techniques utilisées pour conserver les aliments.

Le **document 1** présente les caractéristiques de la croissance microbienne.

L'exemple d'une croissance exponentielle à partir de quelques individus montre bien la rapidité avec laquelle un microorganisme pourra envahir un aliment. On comprend alors la nécessité d'intervenir très tôt si l'on veut conserver un aliment, et la durée nécessairement limitée de conservation d'un aliment si aucune technique n'est mise en œuvre pour empêcher cette croissance ou du moins en diminuer la vitesse.

Une autre particularité du développement des microorganismes est l'existence de formes de dissémination à la fois nombreuses, légères (donc facilement transportées par l'air) et résistantes. Les spores des moisissures en sont un bon exemple.

Les élèves doivent alors comprendre que nous ne vivons pas dans un environnement stérile et qu'un milieu tel qu'une cuisine par exemple, héberge nécessairement de nombreux microorganismes ou leurs formes de dissémination.

Le **document 2** montre l'influence de plusieurs paramètres sur le développement des microorganismes.

Un paramètre déterminant est bien entendu la température. Un exemple a été choisi, celui de la *Listeria*, de façon à poursuivre la démarche d'investigation débutée dès l'entrée de chapitre à propos de la listériose. Cet exemple permet de mettre en évidence les grandes caractéristiques de l'influence de la température sur la croissance des microorganismes, à savoir :

- une croissance accélérée par l'augmentation de la température, jusqu'à une valeur optimale se situant en général entre 30 et 40 °C ;
- une croissance ralentie, voire stoppée par le froid, mais avec survie ;
- l'effet létal des hautes températures.

Bien entendu, de grandes variations sont observées en fonction des microorganismes : il ne s'agit ici que d'un exemple parmi d'autres. On ne manquera pas de citer notamment l'existence de microorganismes ou de spores particulièrement résistants à la chaleur. Cependant, on ne recherche pas d'étude exhaustive ni celle de cas très particuliers (bactéries extrêmophiles) : l'important est ici de fournir les bases scientifiques permettant de comprendre l'action du froid et des hautes températures sur le développement des microorganismes et donc de pouvoir adopter les comportements responsables assurant une bonne conservation des aliments.

Le lien peut être fait avec le document proposé en ouverture de chapitre (« chaîne du froid »).

L'exemple des conditions de la croissance de *Penicillium* permet de relever d'autres paramètres sur lesquels sont fondés les principales techniques de conservation des aliments, notamment la présence de dioxygène, l'influence de la teneur en eau et de la teneur en sel.

Le **document 3** présente quelques techniques très usuelles de conservation des aliments : chaque exemple a été choisi de façon à pouvoir être mis en relation avec les conditions du développement des microorganismes précédemment étudiées. Ainsi, cette activité atteint son objectif et présente un caractère explicatif : on comprend que les techniques de conservation des aliments exploitent en fait les connaissances que nous avons sur la biologie des microorganismes. Réciproquement, une connaissance minimale de la biologie des microorganismes permet à chacun d'adopter les gestes essentiels d'hygiène alimentaire, évitant une détérioration des aliments.

2. Les pistes d'exploitation

1. La croissance des populations microbiennes est particulièrement rapide car elle s'effectue par successions de divisions cellulaires. Or, ces divisions se font à un rythme en général rapide, par exemple une division toutes les 20 minutes si les conditions sont favorables. En doublant toutes les 20 minutes, la croissance n'est pas linéaire, elle est géométrique (ou encore exponentielle) : la population croît de plus en plus vite.

2. Les conditions favorables à la croissance des microorganismes sont, en général : la présence d'une source de matière organique nutritive ; une température ambiante de l'ordre de 20 à 40 °C ; la présence d'air oxygéné ; une teneur en sel réduite ; une humidité importante.

3. Le lait pasteurisé a été chauffé modérément de telle sorte que la plupart des microorganismes qu'il contient au départ sont tués par la chaleur. Cependant, tous ne sont pas éliminés. Comme le montre le document 1, la croissance bactérienne, lente au départ, s'accélère de jour en jour. Le document 2 montre par ailleurs que le froid ralentit cette croissance. Conservé au frais, le lait pasteurisé ne contiendra donc que peu de bactéries au bout de quelques jours et pourra être consommé. Cependant, il devra être consommé relativement rapidement.

4. La confection de citrons confits met les citrons à l'abri de l'air (donc du dioxygène) et de tout contact avec le milieu extérieur : en effet, les citrons sont immergés dans de l'huile et le bocal est fermé. De plus, le milieu est dépourvu d'eau et est très salé : de telles conditions sont très défavorables au développement des microorganismes (*Penicillium* notamment) et les citrons ne moisissent donc pas. En réalisant des confitures, on élimine par la chaleur, au cours de la cuisson, tous les microorganismes. L'évaporation réalisée au cours de la cuisson a pour effet de créer un milieu à teneur en eau réduite, défavorable à la croissance des microorganismes (moisissures notamment). La fermeture hermétique des pots les met à l'abri de toute source de contamination.

3. Ressources complémentaires

■ Manuel numérique Bordas :

Fiche documentaire « L'irradiation des aliments : une technique qui fait débat ».

- Ce sujet peut être l'occasion de développer une recherche documentaire complémentaire concernant, par exemple, les aspects culturels et historiques : techniques de conservation développées dans différents pays, au cours des différentes époques, savoir-faire traditionnels, etc.

Une altération de la qualité des aliments (p. 122-123)

Connaissances	Capacités et attitudes
La conservation des aliments permet de reculer la date de péremption tout en préservant leur comestibilité et leurs qualités nutritives et gustatives. Les techniques de conservation peuvent modifier les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments et provoquer parfois des troubles physiologiques chez le consommateur.	<ul style="list-style-type: none"> – Identifier les avantages et les inconvénients pour le consommateur de certains traitements appliqués dans le cadre de la conservation des aliments. – Utiliser des arguments scientifiques pour confirmer ou infirmer certaines affirmations véhiculées dans les médias ou dans les publicités concernant l'action de certains produits alimentaires sur la santé.

1. Les intentions pédagogiques

La question abordée au cours de cette activité est difficile : *dans quelles mesures la conservation des aliments altère-t-elle leur qualité ?*

En effet, la réponse à une telle question fait appel pour une part à un jugement subjectif et n'est pas sans apriori. Il sera donc particulièrement nécessaire de montrer aux élèves comment on peut aborder une telle problématique en adoptant une démarche scientifique.

Une première distinction à faire sera de différencier les qualités gustatives (l'« appétence ») et les qualités nutritionnelles.

En préambule, il est sans doute nécessaire de dissiper tout malentendu : la conservation des aliments est une nécessité, en termes de sécurité alimentaire d'une part et mise à disposition des denrées alimentaires d'autre part. Très généralement, les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments sont conservées, contrairement à ce que pensent beaucoup de consommateurs. On s'oriente donc ici vers une étude plus fine de cette problématique.

Le **document 1** propose deux exemples de tests de dégustation fiables visant à évaluer et comparer les qualités gustatives des aliments :

Le premier test (dit « test triangulaire ») présente l'intérêt de s'affranchir de toute subjectivité. Il s'agit d'un test effectivement pratiqué par les professionnels. En effet, les produits ne sont pas identifiables (même aspect) : si les trois produits ont le même goût, alors l'association des deux gobelets contenant le même produit sera aléatoire (une chance sur deux de faire la bonne association). En revanche, si les deux produits ont un goût différent, il doit être possible d'associer systématiquement les deux gobelets contenant le même produit. Cependant, pour que le test soit fiable, il est nécessaire de recourir à plusieurs testeurs.

Le deuxième test est plus classique et fait intervenir au contraire les préférences du consommateur. Plusieurs critères peuvent être retenus, à adapter en fonction des produits. Les résultats pourront sans doute parfois surprendre : en effet, il est possible que les produits conservés possèdent une teneur en sel, en sucre ou en additifs qui leur confère un goût apprécié de nombre de consommateurs (c'est souvent le cas pour le sucre, particulièrement apprécié des jeunes consommateurs).

Le **document 2** est l'occasion de présenter une technique de conservation encore non étudiée ici. On pourra y associer les conserves traditionnelles (« familiales »). Ce document pourra être utilisé pour ouvrir un échange argumenté entre les élèves à propos du goût des conserves comparé aux aliments frais. On pourra alors étendre cette discussion au cas des surgelés.

Le **document 3** permet d'aborder le problème des qualités nutritionnelles des aliments conservés. Le plus souvent, l'étude de tables de composition des aliments révélera la bonne qualité nutritionnelle des aliments conservés. La teneur en vitamines est souvent moindre mais il n'y a pas véritablement de cas d'avitaminose due à un excès de consommation d'aliments en conserves.

D'ailleurs, comme le montre le **document 4**, beaucoup d'aliments en conserves affichent une teneur garantie en vitamines (au besoin ajoutées en complément). On constate même parfois une teneur en vitamines plus importante dans des aliments en conserve que dans des aliments dits « frais » mais restés en contact avec l'air pendant plusieurs jours. L'un des principaux problèmes concerne plutôt la forte teneur en sel de beaucoup de conserves (ici révélée par la teneur en sodium) et la faible teneur en potassium. Or, ces deux sels minéraux jouent un rôle déterminant dans le maintien de la pression artérielle. Une forte teneur en sodium et une faible teneur en potassium dans le sang peuvent en effet favoriser l'hypertension.

Le **document 5** permet d'aborder l'effet potentiellement nocif de certains additifs. À noter que l'acide benzoïque, ici incriminé, a été très utilisé mais est désormais moins fréquent.

2. Les pistes d'exploitation

1. À propos des critères, il sera intéressant de distinguer la perception par les différents sens (vue, goût, odeur, etc.) et de déterminer la part des facteurs culturels.
2. L'appertisation se traduit ici par une augmentation très importante de la teneur en sodium (multipliée par 74), une diminution de la teneur en potassium (divisée par 1,8) ainsi qu'une diminution de la teneur en phosphore et en vitamines.
3. Les procédés de conservation des aliments ont parfois pour effet de détruire une partie des vitamines présentes initialement. Dans un tel cas, il est judicieux d'ajouter des vitamines à l'aliment de manière à ce qu'il conserve ses qualités nutritionnelles d'origine.
4. La consommation d'aliments conservés peut parfois favoriser des troubles physiologiques : hypertension due à un excès de sel, insuffisance de vitamines, allergies à certains additifs.

3. Ressources complémentaires

- **Site de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire :**
<http://www.anses.fr/>
- **Site :** On trouvera plus particulièrement des informations très complètes sur la composition des aliments (frais ou conservés) à l'adresse suivante :
<http://www.afssa.fr/TableCIQUAL/>

La correction des exercices 1 à 4 figure dans le manuel de l'élève p. 231 et 232.

5 Produire et conserver les œufs

1. Dans les installations de production d'œufs, certaines règles d'hygiène doivent être respectées afin d'éviter la contamination des œufs. Par exemple, les cages, enclos ou poulaillers où vivent les poules pondeuses doivent être propres, régulièrement nettoyés de façon à ce que les œufs ne soient pas souillés par des excréments. Les animaux eux-mêmes doivent être propres et en bonne santé.

Il faut également éviter le contact avec d'autres animaux comme les rongeurs (rats, souris), vecteurs potentiels de microbes, et donc éviter tout ce qui pourrait les attirer.

Le personnel doit lui aussi respecter les règles d'hygiène (lavage des mains par exemple).

La coquille des œufs doit rester intègre : il faut donc être très attentif aux procédés utilisés pour les recueillir, les emballer, les transporter. Le lavage des œufs ne doit pas être pratiqué car il fragilise la coquille.

2. Il est préférable de conserver les œufs au frais : ceci permet de ralentir le développement de salmonelles en cas de contamination interne. Cependant, cette contamination interne est très rare, les œufs peuvent donc être conservés à température ambiante. En revanche, il est impératif de les conserver au sec car l'humidité peut fragiliser la coquille qui ne joue alors plus son rôle de barrière. Pour la même raison, le nettoyage des œufs est déconseillé. La conservation dans une boîte hermétique en plastique risque de provoquer une condensation qui augmente la porosité de la coquille.

Les œufs fêlés sont évidemment des aliments à risque : divers microorganismes ont pu les contaminer, ils ne doivent donc pas être consommés.

Les œufs qui ne sont pas extra-frais (c'est-à-dire conservés depuis plus de 9 jours) peuvent, en cas de contamination, héberger une quantité de microorganismes non négligeable, puisque ceux-ci auront eu le temps de se développer. La cuisson complète assure la destruction par la chaleur de ces microorganismes. Les œufs « extra-frais » sont, sauf exception, exempts de microorganismes et peuvent être consommés sans cuisson.

L'alimentation : aspects physico-chimiques

Activités pratiques

1

L'oxydation des aliments (p. 130-131)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Effet du dioxygène de l'air et de la lumière sur certains aliments. - Rôle de la lumière et de la température dans l'oxydation des produits naturels. 	Mettre en œuvre un protocole pour mettre en évidence l'oxydation des aliments.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de caractériser les réactions d'oxydation des aliments et de présenter les conséquences sur les qualités visuelles, gustatives de ces derniers. Les facteurs influençant la dégradation des denrées (dioxygène, lumière, température) seront mis en évidence.

Le **document 1** permet aux élèves d'observer les réactions d'oxydation sur des légumes et des fruits et ainsi de caractériser les altérations de la couleur, de la saveur des aliments dues à l'oxydation.

Les **documents 2 et 3** mettent en valeur le rôle du dioxygène et de la lumière dans le processus d'oxydation des aliments.

Le **document 4** est une activité expérimentale qui permet de définir le rôle de la température dans l'oxydation du lactose présent dans le lait en acide lactique.

Un même lait est conservé à deux températures différentes (+ 30 °C et + 4 °C). L'acide lactique formé est dosé par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de la phénolphthaléine. L'oxydation s'avère être plus importante à température élevée. Cette activité expérimentale permet d'introduire le rôle de la température dans la réaction d'oxydation des aliments mais également de revoir la notion de dosage par comparaison.

2. Les pistes d'exploitation

1. Lors de la réaction d'oxydation, les fruits et légumes présentés (poire, pomme, avocat, banane, pomme de terre) changent d'aspect et s'oxydent. Les aliments n'ont plus la même couleur (ils noircissent) et leurs qualités gustatives sont modifiées et altérées.

2. En présence de dioxygène, la pomme noircit. En présence de dioxyde de carbone,

son aspect ne se modifie pas. Le dioxygène est donc un facteur influençant les réactions d'oxydation des aliments. C'est donc le dioxygène présent dans l'air qui accélère la dégradation des aliments.

3. La partie de beurre non découverte n'a pas subi de modification de couleur, la partie découverte a jauni : c'est le rancissement du beurre. La lumière est donc également un facteur influençant les réactions d'oxydation.

4. Par comparaison et proportionnalité, on a :

	Lait conservé à 4 °C	Lait conservé à 30 °C
Concentration massique en acide lactique ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,00 (7,4/17,8) = 0,83	2,00 (17,4/17,8) = 1,96

La concentration massique en acide lactique est bien plus importante dans le lait conservé à 30°C que dans le lait conservé à 4 °C. Une élévation de température est un facteur influençant les réactions d'oxydation des aliments.

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

1 erlenmeyer, 1 burette, 1 pipette jaugée de 20,0 mL, 1 propipette, 1 éprouvette de 20 mL, 1 solution de soude à $1,00 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, du lait conservé à 4 °C et à température ambiante, 1 compte-goutte de solution de phénolphthaléine.

■ **Site :**

Dossier sur l'oxydation des aliments :
<http://www.eufic.org/article/fr/artid/aliments-bonne-minne-antioxydants/>

■ **Livres :**

– Hervé This, *Les secrets de la casserole*, Belin.
– Recueil d'épreuves sélectionnées des quatre premières Olympiades Nationales de la Chimie, dossier « le Lait ».

La conservation des aliments (p. 132-133)

Connaissances	Capacités et attitudes
Conservation des aliments par procédé physique et par procédé chimique.	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer une transformation physique d'une réaction chimique. - Associer un changement d'état à un processus de conservation. - Extraire et organiser des informations pour : rendre compte de l'évolution des modes de conservation des aliments ; analyser la formulation d'un produit alimentaire.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif de cette activité est de présenter les modes de conservation des aliments en différenciant la conservation par procédé chimique (utilisation d'un antioxydant) et la conservation par procédé physique (on se limite dans l'activité à la réfrigération ; le procédé de lyophilisation est expliqué dans le bilan de connaissances).

L'évolution des modes de conservation fait l'objet d'une frise chronologique page 140.

Les **documents 1 et 2** permettent aux élèves d'appréhender la notion d'antioxydant naturel. Les observations de l'oxydation de la pomme et de la non-oxydation des kiwi, orange, citron ou pomme citronnée permettent aux élèves de comprendre qu'une substance chimique présente dans les fruits non oxydés inhibent les réactions de dégradation. La notion d'antioxydant est alors mise en valeur.

Le **document 3** permet l'analyse de l'étiquette d'une boisson fruitée et d'en découvrir l'antioxydant (acide ascorbique).

Le **document 4** complète cette analyse en donnant la liste et les codes des principaux antioxydants utilisés dans l'agroalimentaire. Une activité de recherche des principaux antioxydants présents dans les produits alimentaires peut alors être demandée aux élèves.

Le **document 5** présente un mode de conservation physique (conservation par le froid, ici la réfrigération) et explique la diminution de l'activité cellulaire des bactéries à basse température d'où l'intérêt de la réfrigération.

Le **document 6** décrit le principe de la conservation par le froid. Les changements d'état d'un fluide frigorigène (vaporisation et liquéfaction) permettent la réfrigération. À l'intérieur du réfrigérateur, la vaporisation du fluide frigorigène absorbe de l'énergie thermique d'où la réfrigération ; dans la tuyauterie externe du réfrigérateur, la liquéfaction du fluide frigorigène libère de l'énergie thermique d'où la sensation de chaud à l'arrière du réfrigérateur. Pour mieux appréhender le principe, une vidéo du manuel numérique enrichi peut accompagner l'activité.

2. Les pistes d'exploitation

1. Un antioxydant naturel est une substance chimique présente dans l'aliment et qui ralentit (ou inhibe) l'oxydation de l'aliment.

2. Dans la boisson fruitée, l'antioxydant est l'acide ascorbique (vitamine C). Son code est E300.

Exemples d'antioxydants relevés sur des étiquettes de produits alimentaires :

Antioxydant	Code	Produit alimentaire
Acide ascorbique	E300	Bonbons acidulés (Lookolook) Bonbons Flex-fizz (Lutti) Bonbons tube fraise (Lutti) Bonbons scoubidou (Lutti) Saucisse sèche (La Pause Auvergnate) Saucisson Le Marcelou (Onno) Saucisse sèche (Top Budget, marque d'Intermarché) Sirop citron sans colorant (Paquito) Ice Tea (Lipton) Jus d'orange, de pomme-poire, de cassis-framboise, de pêche-abricot (Oasis)
Ascorbate de sodium	E301	Chorizo (Cesar Moroni)
Palmitate d'ascorbyle	E304	Soupe déshydratée Les moments gourmets (Knorr) Fondue de poireaux aux crevettes (Knorr)
Tocophérols	E306 E309	Bonbons acidulés (Lookolook) Bonbons Flex-fizz (Lutti) Bonbons tube fraise (Lutti) Bonbons scoubidou (Lutti) Bouillon de volaille (Maggi) Bouillon de poule au pot (Maggi) Fond de volaille (Maggi)
BHA : Butylhydroxyanisol	E320	Malabar mint mix (menthe) Malabar tutti frutti Soupe déshydratée Panier de Légumes (Maggi) Soupe déshydratée Mouliné de légumes verts (Saint-Éloi)
BHT : Butylhydroxytoluène	E321	Malabar buble mix Malabar magic billes (menthe)

3. Les aliments suivants peuvent être des vecteurs de salmonelles :

- viande crue ou pas assez cuite (surtout la volaille) ;
- fruits et légumes crus (germes de luzerne) et les jus (jus de pommes, d'orange) ;
- œufs crus ou pas assez cuits ;
- produits laitiers non pasteurisés (lait cru, fromages au lait cru) ;
- poisson ;
- sauces et vinaigrettes.

4. À la sortie de la baignade, l'eau présente sur le corps se vaporise en absorbant de l'énergie thermique au corps humain. Une impression de « froid » est alors ressentie. Lors de la vaporisation du fluide frigorigène, le fluide absorbe de l'énergie thermique à l'intérieur du réfrigérateur permettant ainsi d'obtenir et de maintenir une température froide (4 °C).

3. Ressources complémentaires

■ Différence antioxydant/conservateur

Dans les étiquettes des produits alimentaires, on peut également être amené à distinguer les conservateurs. Les antioxydants se repèrent dans un aliment par les codes de E300 à E321, les conservateurs admettent les codes de E200 à E252.

Un antioxydant ralentit l'oxydation des aliments, un conservateur inhibe les microorganismes susceptibles de dégrader l'aliment.

Code	Substance	Denrée alimentaire contenant le conservateur
E 200-203	Acide sorbique et sorbates	Fromages, vins, fruits séchés, purées de fruits, garnitures
E 210-213	Acide benzoïque et benzoates	Légumes au vinaigre, confitures et gelées à faible teneur en glucides, fruits confits, semi-conserves de produits de la pêche, sauces
E 220-228	Dioxyde de soufre et sulfites	Fruits séchés, fruits en conserve, produits à base de pomme de terre, vins
E 235	Natamycine	Traitement de surface des fromages et des saucissons
E 249-252	Nitrites et nitrates	Saucissons, bacon, jambons, foie gras, fromages, harengs au vinaigre

4. Pour aller plus loin

- **Directive 95/2/EC du Parlement Européen et du Conseil** du 20 février 1995 concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants :
http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/addit_flavor/flav11_en.pdf
- **Informations générales sur les additifs alimentaires** (règles d'étiquetage concernant les additifs, consommation, etc.) :
http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/addit_flavor/additives/indexen.html
- **Dossier sur les antioxydants** :
<http://www.eufic.org/article/fr/artid/aliments-bonne-minne-antioxydants/>

La chimie des émulsions culinaires (p. 134-135)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Structure simplifiée des lipides. - Espèces tensioactives ; partie hydrophile, partie hydrophobe. - Formation de micelles. 	Interpréter le rôle d'une espèce tensioactive dans la stabilisation d'une émulsion.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif de l'activité est d'introduire la notion de lipides, d'espèces tensioactives (possédant une partie polaire hydrophile et une partie apolaire hydrophobe), d'émulsion. L'activité doit permettre à l'élève d'expliquer en quoi un tensioactif est capable de stabiliser une émulsion.

Le **document 1** est une activité expérimentale mettant en évidence l'immiscibilité de l'huile et de l'eau et la formation d'une émulsion en présence d'un tensioactif (savon). Le tensioactif est donc indispensable à la stabilisation d'une micelle.

Le **document 2** présente la molécule d'eau, molécule polaire avec les deux hydrogènes de charge partielle δ^+ et l'oxygène de charge partielle $2\delta^-$.

Le **document 3** décrit la structure d'un triglycéride apolaire pouvant être symbolisé par un peigne à trois dents. Par l'analyse des structures électroniques, les élèves peuvent ainsi en déduire que les molécules de lipides et d'eau ont tendance à se repousser (pas de liaison hydrogène ou de force intermoléculaire), d'où leur immiscibilité.

Le **document 4** est un texte de Pierre Gilles de Gennes expliquant la structure d'un tensioactif. Le tensioactif apparaît comme une espèce « entremetteuse » : elle peut faire le lien avec l'eau grâce à sa partie polaire et avec les lipides par sa partie apolaire.

Le **document 5** introduit aux élèves la notion d'émulsion (dispersion d'une phase dans une autre) par l'intermédiaire d'un tensioactif présentant des affinités pour les deux phases.

2. Les pistes d'exploitation

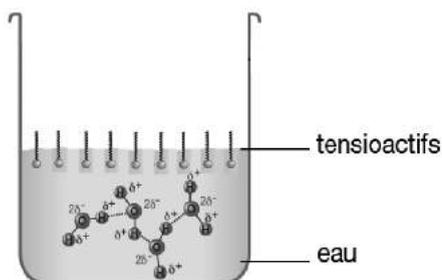
1. L'eau et l'huile ne sont pas miscibles car elles se séparent de nouveau après agitation. En présence de savon et après le mélange, une phase homogène macroscopiquement existe, c'est une émulsion. Le savon semble avoir permis le mélange huile + eau (cependant microscopiquement les deux phases sont séparées).

2. Deux molécules de triglycérides (lipides) sont apolaires et ne peuvent pas créer des liaisons hydrogène (absence de H porteur d'une charge partielle δ^+). Les lipides et l'eau n'ont pas la même structure électronique et n'ont donc aucune attraction (pas de liaison hydrogène et de forces intermoléculaire). Comme dit le proverbe, « lipide et eau ne se ressemblent pas, donc ne s'assemblent pas » !

3. Hydrophile : une espèce est hydrophile si elle présente une affinité avec l'eau (« qui aime l'eau »).

Hydrophobe : une espèce est hydrophobe si elle n'a pas d'affinité avec l'eau (« qui a peur de l'eau »)

À la surface de l'eau, les tensioactifs présentent la partie polaire à l'eau et la partie apolaire à l'air.



4. Le tensioactif présente une partie polaire hydrophile et une partie apolaire hydrophobe. Par sa partie polaire, le tensioactif se lie à la phase aqueuse et par sa partie apolaire, le tensioactif se lie à la phase lipidique. Le tensioactif permet donc « de relier » la phase aqueuse à la phase lipidique.

Une émulsion est un mélange macroscopiquement homogène de deux liquides non miscibles (eau et huile). Microscopiquement, une phase est dispersée dans des gouttelettes enrobées de tensioactif.

Le savon joue le rôle de tensioactif et a permis de réaliser une émulsion (macroscopiquement homogène).

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

Des tubes à essai, de l'huile, de l'eau, du savon.

■ **Livres :**

– Hervé This, *Les secrets de la casserole*, Belin.

– Hervé This, *Casseroles - éprouvettes*, Belin.

– Pierre-Gilles de Gennes, *Les objets fragiles*, Plon.

– Collection « Claude Lizeaux- Denis Baude », *Enseignement scientifique SVT – Physique-Chimie, 1^{re} L*, édition 2007, Bordas.

La mayonnaise : un exemple d'émulsion culinaire (p. 136-137)

Connaissances	Capacités et attitudes
	Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les conditions physico-chimiques nécessaires à la réussite d'une émulsion culinaire.

1. Les intentions pédagogiques

L'activité pratique a pour objectif de préciser les conditions (réactifs, agitation) qui permettent la réalisation d'une émulsion culinaire. Dans cette activité, l'émulsion étudiée sera la mayonnaise.

Le **document 1** décrit la recette d'une mayonnaise avec tous les ingrédients indispensables et la méthode pour réaliser cette émulsion (agitation).

Le **document 2** précise l'importance de l'agitation dans la réalisation d'une mayonnaise à l'aide d'une observation au microscope. Plus l'agitation est grande (battre électrique), plus les gouttelettes d'huile dispersées dans l'eau sont petites. L'espace entre les gouttelettes diminue, ce qui les rend moins mobiles. La mayonnaise devient donc plus visqueuse. Une faible agitation engendrera une mobilité plus importante des gouttelettes et une mayonnaise plus fluide.

Les documents 3 et 4 ont pour objectif de faire connaître aux élèves les espèces chimiques indispensables pour réaliser une mayonnaise.

L'élève sait que pour réaliser cette émulsion, il lui faut de l'huile. Le **document 3** permet de montrer que l'eau est également présente dans différents ingrédients (jaune d'œuf, moutarde). La présence de l'eau est mise en évidence grâce au test de sulfate de cuivre anhydre (compétence acquise au collège). Le **document 4** insiste sur la nécessité d'employer un tensioactif (contenu dans le jaune ou le blanc d'œuf, ou dans de la gélatine).

2. Les pistes d'exploitation

1. En réalisant une mayonnaise au batteur, on permet une agitation importante. Les gouttelettes d'huile dans l'eau seront fines, peu espacées, peu mobiles d'où une viscosité importante. À la fourchette, l'agitation est bien plus faible, les gouttelettes sont plus volumineuses, espacées et donc plus mobiles ; la mayonnaise est donc plus fluide.

2.

	Eau	Lipide	Tensioactif
Jaune d'œuf	oui	non	oui
Huile	non	oui	non
Moutarde	oui	non	oui
Vinaigre	oui	non	non
Sel	non	non	non
Poivre	non	non	non

Dans les ingrédients de la mayonnaise, il y a :

- de l'eau (jaune d'œuf, moutarde, vinaigre) ;
- des lipides (huile) ;
- des tensioactifs (jaune d'œuf, moutarde).

Les ingrédients de la mayonnaise peuvent donc former une émulsion.

3. La gélatine contient nécessairement un tensioactif.

3. Ressources complémentaires

■ Matériel :

De l'huile, 1 œuf, de la moutarde, du sel, du poivre, du vinaigre, 1 saladier, 1 batteur électrique, 1 fourchette.

■ Livres :

- Recette de la mayonnaise : Simone Devaux, *Cuisine facile pour tous les jours*, Artémis de la casserole.
- Hervé This, *Les secrets de la casserole*, Belin.
- Hervé This, *Casseroles - éprouvettes*, Belin.
- Pierre-Gilles de Gennes, *Les objets fragiles*, Plon.
- Collection « Claude Lizeaux - Denis Baude », *Enseignement scientifique SVT – Physique-Chimie, 1^{re} L*, édition 2007, Bordas.

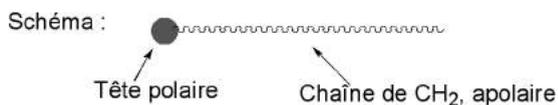
La correction des exercices 1 à 3 figure dans le manuel de l'élève p. 232.

4 La conservation des aliments

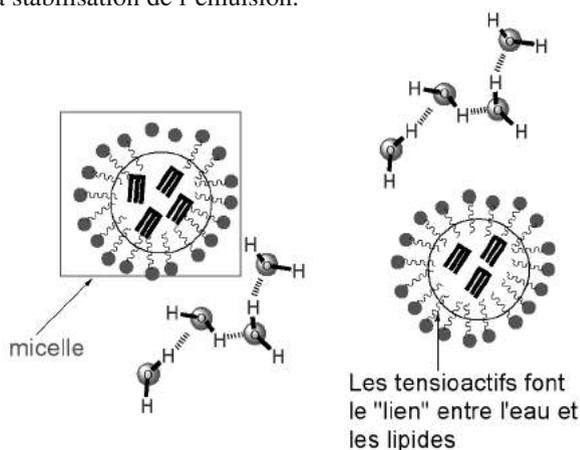
1. a. Dioxygène O_2 .
b. Lumière, température.
2. a. L'eau se solidifie.
b. Solidification.
c. La congélation ralentit l'activité des bactéries permettant la conservation des aliments.
3. a. L'eau passe de l'état liquide à l'état solide. C'est la solidification.
b. L'eau passe de l'état solide à l'état gazeux. C'est la sublimation.
c. L'eau est gazeuse. Il y a eu absorption d'énergie thermique.

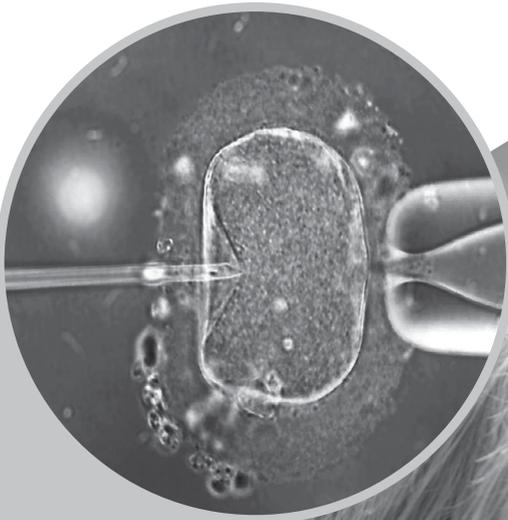
5 À propos des émulsions

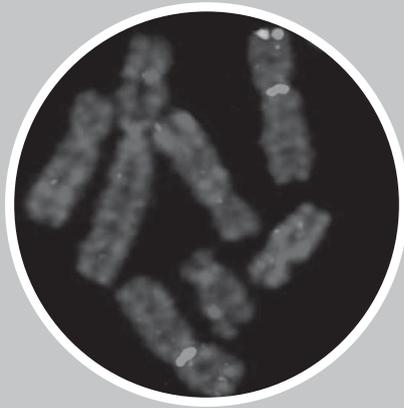
1. L'huile appartient à la famille des lipides. Elle est immiscible à l'eau car l'huile est apolaire et l'eau est polaire.
2. La mayonnaise est une dispersion d'huile dans l'eau. L'huile est contenue dans des gouttelettes enrobées de tensioactif. Les micelles sont dans la phase aqueuse.
Pour réaliser une mayonnaise, il faut de l'huile, de l'eau (contenue dans le jaune d'œuf) et un tensioactif (dans le jaune d'œuf et dans la moutarde).
3. La lécithine est donc un tensioactif.



4. L'huile (lipide) se localise dans les micelles. Le tensioactif dirige sa partie apolaire hydrophobe vers les molécules lipidiques et sa partie polaire hydrophile vers l'eau. Les tensioactifs font ainsi le « lien » entre la phase lipidique et la phase aqueuse et permet la stabilisation de l'émulsion.







Partie **3**

Féminin masculin

Chapitre 1	La maîtrise de la procréation	SVT	108
Chapitre 2	Devenir homme ou femme	SVT	118
Chapitre 3	Vivre sa sexualité	SVT	124

Partie 3 Féminin, masculin

Les objectifs généraux de cette partie

Il s'agit de la seule partie de ce programme qui soit spécifiquement SVT. Elle peut donc être traitée différemment des deux autres, ne nécessitant pas de collaboration entre les deux enseignants intervenant dans l'enseignement scientifique des séries ES et L.

Cette partie s'appuie assez largement sur des acquis des classes de 4^e et de 3^e : les systèmes de régulation des fonctions de reproduction chez l'homme et la femme ont été abordés, ainsi que les autres questions liées à la contraception, à la PMA et aux IST. Il y a cependant des nouveautés avec la mise en place des appareils sexuels et les bases physiologiques de la sexualité. Il y a également une différence car les connaissances sur la sexualité servent moins pour elles-mêmes que pour comprendre des techniques médicales et des comportements à risque.

Il y a de nombreux points à aborder en un temps relativement limité. Les documents proposés permettent donc aux enseignants de travailler les notions, capacités et attitudes attendues sans y passer trop de temps. Ils pourront également choisir de détailler plus ou moins certains points en fonction des choix qu'ils auront faits.

Cette partie du programme permet de développer un certain nombre de compétences :

- **Des connaissances** : Il s'agit de comprendre le mode d'action de molécules utilisées couramment aujourd'hui (pilule contraceptive, pilule du lendemain, pilule abortive...) et de donner les bases d'un comportement responsable face aux IST. Viennent ensuite les grandes lignes de la construction du phénotype sexuel, en allant du sexe caryotypique au phénotype mature après la puberté. Enfin, on montrera que l'évolution des mammifères a permis une modification des facteurs agissant sur le comportement sexuel chez les primates.
- **Des capacités** : Cette partie se prête peu à l'expérimentation, mais est l'occasion d'entraîner les élèves à la construction d'un schéma fonctionnel (soit à le créer totalement, soit plus simplement à le compléter) : système de régulation, actions des hormones de synthèse, construction du phénotype sexuel, facteurs jouant sur le comportement sexuel. La transcription de phénomènes biologiques en schémas nécessite un travail mental complexe qui pourra être développé ici. Il y a également de nombreuses occasions de lancer des débats et de discuter sur des points de bioéthique.
- **Des attitudes** : Le bon déroulement d'un débat, d'une discussion ne peut se faire que s'il y a respect de l'opinion des autres. On pourra également ici travailler la notion de responsabilité civique au travers de comportements à risque et de conseils d'hygiène ou de suivis médicaux.

Une correspondance entre le programme officiel et les chapitres du manuel

Connaissances	Les chapitres du manuel
<p><i>Prendre en charge de façon conjointe et responsable sa vie sexuelle</i></p> <p>La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse qui permettent une maîtrise de la procréation de plus en plus adaptée, avec de moins en moins d'effets secondaires.</p> <p>Ces molécules de synthèse sont utilisées dans :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la contraception régulière (« la pilule ») ; - la contraception d'urgence ; - l'IVG médicamenteuse. <p>Elles sont également utilisées dans les techniques de procréation médicalement assistée (PMA) qui permettent ou facilitent la fécondation et/ou la gestation dans les cas de stérilité ou d'infertilité.</p> <p>Les IST, causes de stérilité, et leur propagation au sein de la population peuvent être évitées par des comportements individuels adaptés.</p>	<p>chapitre 1</p> <p>La maîtrise de la procréation (pages 148-165)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 La longue marche vers la maîtrise de la procréation Act. 2 La « pilule », méthode de contraception régulière Act. 3 Des réponses à des situations exceptionnelles Act. 4 L'infertilité et l'aide à la procréation Act. 5 Prévenir les IST, causes de stérilité</p>
<p><i>Devenir homme ou femme</i></p> <p>La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal.</p>	<p>chapitre 2</p> <p>Devenir homme ou femme (pages 166-177)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 L'origine commune d'appareils génitaux différents Act. 2 La détermination du sexe chez l'embryon Act. 3 Le sexe phénotypique chez l'adulte</p>
<p><i>Vivre sa sexualité</i></p> <p>Le comportement sexuel chez les Mammifères est contrôlé, entre autres, par les hormones et le système de récompense.</p> <p>Au cours de l'évolution, l'influence hormonale dans le contrôle du comportement de reproduction diminue, et corrélativement le système de récompense devient prépondérant dans la sexualité de l'Homme et plus généralement des primates hominoïdes.</p> <p>Les facteurs affectifs et cognitifs, et surtout le contexte culturel, ont une influence majeure sur le comportement sexuel humain.</p>	<p>chapitre 3</p> <p>Vivre sa sexualité (pages 178-185)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 L'influence des hormones sur le comportement sexuel Act. 2 Un contrôle cérébral du comportement sexuel</p>

La maîtrise de la procréation

Activités pratiques

1

La longue marche vers la maîtrise de la procréation (p. 150-151)

Connaissances	Capacités et attitudes
La connaissance de plus en plus précise des hormones naturelles contrôlant les fonctions de reproduction humaine a permis progressivement la mise au point de molécules de synthèse qui permettent une maîtrise de la procréation de plus en plus adaptée.	Replacer dans le temps et dans la société la chronologie de l'apparition des méthodes de régulation des naissances.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est ici de montrer les liens entre les évolutions de la société et celles des techniques médicales.

Le **document 1** permet une approche originale de cette question. Sous forme de BD, il présente quelques grandes dates dans l'histoire de la médecine de la reproduction. Ces événements sont présentés dans leur contexte social et historique. Cela peut être un point de départ pour des recherches plus poussées sur un point ou un autre en fonction des choix de l'enseignant ou de l'intérêt des élèves.

Le **document 2** précise les modalités de la mise au point de la pilule contraceptive. La très large utilisation de cette dernière en fait en effet un point incontournable. Là encore, les cadres historiques sont rappelés. Le point essentiel est de montrer l'utilisation d'hormones sexuelles dans un but contraceptif et donc d'amener vers l'idée que c'est la bonne compréhension des systèmes de régulation qui a permis de développer la pilule contraceptive. Ce document pourra être utilisé en lien avec ceux des pages suivantes (p.152-153) qui traitent du mode d'action des pilules contraceptives.

Le **document 3** met l'accent sur une technique de PMA : la fécondation *in vitro*. Cette technique, la plus connue du grand public, fait l'objet encore aujourd'hui d'améliorations et de recherches. Le choix a été fait de présenter la première française au lieu de la première mondiale pour rester dans la thématique du document 1 qui reste centré sur la société française. Comme pour le document 2, il est aisé de faire le lien entre le développement de cette technique et les connaissances des mécanismes hormonaux qui contrôlent les fonctions de reproduction chez l'homme et chez la femme.

2. Les pistes d'exploitation

1. La maîtrise de la fertilité peut se voir sous deux aspects :
 - Limiter les naissances : les lois de 1804, puis celles édictées à l'issue de la

Première Guerre mondiale interdisent contraception et avortement. Ce n'est qu'au cours du XX^e siècle que les choses changent avec les lois Neuwirth et Veil ;

– Augmenter la fertilité : pour cet aspect, la limite est plutôt d'ordre technique, il a fallu attendre les années 80 pour que la fécondation *in vitro* devienne applicable à l'Homme et permette de traiter des couples infertiles.

2. La pilule contraceptive est mise au point en 1950, mais il faut attendre 17 ans avant de la voir légalisée en France. Dans les faits, il faudra 5 ans de plus pour que la loi soit officiellement appliquée.

3. Les principales étapes d'une fécondation *in vitro* sont :

- stimulation de l'ovulation pour recueillir des ovocytes ;
- récupération des spermatozoïdes ;
- mise en contact des deux types de gamètes dans un milieu chaud et obscur pour permettre la fécondation ;
- récupération des embryons de 3 jours pour les implanter dans l'utérus de la mère ;
- suivi de la bonne réalisation de l'implantation par des dosages hormonaux.

4. Pour ce qui concerne la limitation des naissances :

- 1804 : des techniques existent (préservatifs, DIU...) mais la femme ne possède pas de choix dans leur utilisation.
- 1920 : une loi interdit tout acte de limitation des naissances.
- 1956 : mise au point de la pilule contraceptive.
- 1967 et 1975 : légalisation de la pilule contraceptive et de l'avortement en France.

En ce qui concerne l'assistance à la procréation :

- Avant 1982, on peut traiter chirurgicalement certaines patientes et pratiquer des inséminations artificielles.
- Après cette date, une nouvelle technique apparaît : la fécondation *in vitro*.
- 1994 : des lois de bioéthique viennent donner un cadre légal aux pratiques de PMA.

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

Animation montrant l'évolution des idées et de la législation autour des thèmes de la régulation des naissances et de la maîtrise de la procréation.

■ **Document du conseil d'état relatif à la révision des lois de bioéthique de 2011 :**

<http://www.conseil-etat.fr/cde/fr/rapports-et-etudes/la-revision-des-lois-de-bioethique-kh6.html>

■ **Rapport parlementaire sur la révision des lois de bioéthique établi par la commission de l'Assemblée nationale en charge de cette question :**

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/104000106/index.shtml>

La « pilule », méthode de contraception régulière (p. 152-153)

Connaissances	Capacités et attitudes
Ces molécules de synthèse sont utilisées dans la contraception régulière (« la pilule »).	Identifier les modes d'action des molécules de synthèse et les expliquer par les mécanismes biologiques sur lesquels ils se fondent.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif indiqué dans les programmes officiels n'est pas de construire le schéma de régulation de la fonction de reproduction chez la femme, mais plutôt d'expliquer où, dans ce schéma, interviennent les molécules de synthèse contenues dans les pilules contraceptives.

Le **document 1** donne le schéma de régulation de la fonction de reproduction chez la femme tel qu'il a pu être construit en collège. Il permet de resituer les principaux organes (ovaires, utérus, hypothalamus et hypophyse), et les actions des différentes hormones. On peut ainsi comprendre quelle sera l'action d'un progestatif ou d'un œstrogène de synthèse.

Le **document 2** permet de compléter ce schéma de régulation en indiquant le rétrocontrôle négatif exercé par les œstrogènes. Le professeur qui le souhaite peut ainsi laisser une part d'investigation à ses élèves pour comprendre le mécanisme d'une pilule contraceptive.

Le **document 3** montre les deux principales présentations des pilules « classiques », œstroprogestatives, agissant par rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire. Les autres types de pilule ne sont pas au programme.

Le **document 4** permet de dégager le mode d'action de ces pilules.

2. Les pistes d'exploitation

1. L'ovulation correspond à la production d'un ovocyte par l'ovaire au 14^e jour du cycle. Elle nécessite l'action de deux hormones hypophysaires : la FSH qui stimule la croissance du follicule contenant l'ovocyte durant la phase folliculaire ; et la LH qui déclenche l'ovulation quand le follicule est mûr.

2. Au début des mesures, le taux de LH est stable autour de $25 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$; l'ajout d'œstrogène fait chuter fortement ce taux. On peut donc penser que les œstrogènes agissent en retour sur l'hypophyse pour diminuer son activité.

3. Une pilule classique contient des hormones de synthèse (œstrogènes et progestatifs).

4. Les hormones de synthèse maintiennent un rétrocontrôle négatif sur l'hypophyse ; celle-ci ne produit donc plus de LH et de FSH. En l'absence de ces dernières, l'ovaire reste au repos, les follicules ne grossissent pas et produisent très peu d'hormones.

5. Les hormones contenues dans la pilule imitent l'effet des œstrogènes naturels en

diminuant l'activité de l'hypophyse. Sans FSH, les follicules ne grossissent plus, et sans LH, il n'y a plus d'ovulation possible. L'ovaire est donc maintenu au repos et ne produit plus d'ovocyte.

3. Ressources complémentaires

- **Site du musée de l'avortement de Vienne (Autriche) :**
nombreux documents en anglais et en allemands et des illustrations présentant l'histoire des différentes méthodes :
<http://en.muvs.org/>

Activités pratiques

3

Des réponses à des situations exceptionnelles (p. 154-155)

Connaissances	Capacités et attitudes
Ces molécules de synthèse sont utilisées dans : – la contraception d'urgence ; – l'IVG médicamenteuse.	Identifier les modes d'action des molécules de synthèse et les expliquer par les mécanismes biologiques sur lesquels ils se fondent.

1. Les intentions pédagogiques

Le principe est le même que pour les deux pages précédentes : montrer que les connaissances acquises sur les hormones sexuelles peuvent permettre la mise au point de techniques médicales. Ici, c'est le cadre de la contraception d'urgence et de l'IVG qui est abordé.

Le **document 1** présente deux méthodes de contraception d'urgence. L'accent est mis sur les délais à respecter pour que ces pilules aient une bonne efficacité.

Le **document 2** donne les efficacités comparées des deux types de pilules présentées sur le document 1. C'est l'occasion de reparler des délais d'utilisation et de montrer les différences entre les deux produits. Il peut être utile de bien expliquer à quoi correspondent ces chiffres. Ceux donnés ici correspondent au pourcentage de femmes ayant utilisé ce produit après un rapport sexuel non protégé et pour lesquelles une grossesse a été constatée. Le chiffre de 100 % indiqué pour la pilule contraceptive est issu de l'indice de Pearl, il représente le pourcentage de femmes pour lesquelles la méthode a été efficace après une utilisation de la pilule pendant un an.

Le **document 3** précise le cadre légal de la délivrance de ces produits.

Le **document 4** permet de rappeler les étapes du début de la grossesse ainsi que le rôle de la progestérone. Il pourra alors être utilisé en lien avec le document 5 pour expliquer le principe de l'IVG médicamenteuse, ce qui est expressément demandé dans le programme.

Le **document 5** décrit l'IVG médicamenteuse avec le cadre légal, le protocole et le mode d'action. On pourra ainsi montrer le lien entre le RU 486 et l'action de la progestérone.

2. Les pistes d'exploitation

1. Les pilules du lendemain ou du surlendemain contiennent des hormones qui vont agir sur l'ovulation (pour la bloquer) et sur l'utérus (pour le rendre impropre à la nidation). Il est impératif de prendre ces pilules le plus tôt possible, au plus tard, selon le type de produit utilisé, dans un délai de 3 à 5 jours suivant le rapport sexuel non protégé.

2. L'IVG médicamenteuse répond aux mêmes règles légales que l'IVG classique, à savoir un délai maximal de 12 semaines de grossesse, et la présence d'une personne majeure pour accompagner une mineure désirant avorter.

La molécule de RU 486 se fixe sur les récepteurs de la progestérone situés sur les cellules de la muqueuse utérine, mais sans les activer. La progestérone ne peut donc plus assurer le maintien de la muqueuse utérine qui est alors éliminée avec l'embryon. Le schéma demandé pourra être simplement deux représentations simplifiées de muqueuse utérine avec, dans chacune, un récepteur à progestérone (ce récepteur pourra être placé n'importe où car l'élève ne connaît pas la localisation des récepteurs aux stéroïdes).

Sur le premier schéma, une molécule de progestérone vient se fixer sur le récepteur ; une flèche partant de ce complexe moléculaire vers la muqueuse indique « survie de la muqueuse ».

Sur le second schéma, une molécule de RU486 vient se fixer sur le récepteur et une flèche barrée indique par exemple « pas d'action sur la muqueuse ; mort de celle-ci ».

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

Vidéo : « La pilule du surlendemain : molécules de progestérone, lévonorgestrel, ulipristal (modélisations tridimensionnelles) ».

■ **Site ressources Bordas :**

Modèles moléculaires de la progestérone, du levonorgestrel et de l'uripristal.

L'infertilité et l'aide à la procréation (p. 156-157)

Connaissances	Capacités et attitudes
Elles sont également utilisées dans les techniques de procréation médicalement assistée (PMA) qui permettent ou facilitent la fécondation et/ou la gestation dans les cas de stérilité ou d'infertilité.	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer les pratiques médicales chimiques mises en œuvre en cas de déficience de la fertilité du couple. - Discuter les limites des méthodes de maîtrise de la procréation en s'appuyant sur la législation, l'éthique et l'état des connaissances médicales.

1. Les intentions pédagogiques

Les techniques de PMA sont multiples, avec des protocoles très différents. Il n'est donc pas possible ni utile de les étudier tous avec une classe. L'objectif est plutôt de comprendre la démarche de traitement d'un couple infertile : identifier les causes de l'infertilité, puis proposer une solution adaptée. La technique illustrée ici est celle de la fécondation *in vitro* car elle est emblématique de la PMA pour les élèves.

Le programme demande également de discuter des limites légales et éthiques de la PMA, cela pourra se faire à partir de recherches documentaires, et en s'appuyant sur les documents proposés dans « Des clés pour... aller plus loin », page 162.

Le **document 1** indique que la cause principale de l'infertilité masculine est une mauvaise qualité du sperme. Il est possible de conjuguer l'étude de ces documents avec des observations de spermatozoïdes humains au microscope (sur des préparations colorées du commerce), pour donner une meilleure idée aux élèves de la taille et de l'aspect réel de ces cellules.

Le **document 2** aborde les deux principales causes d'infertilité féminine. Il y en a d'autres, mais moins fréquentes et plus complexes. De plus, les problèmes décrits sur les documents 1 et 2 peuvent être résolus par la réalisation d'une FIV, ce qui permet de faire un lien avec les documents de la page 157. D'autres techniques peuvent également être proposées comme l'insémination artificielle ; dans ce cas, des recherches documentaires peuvent permettre de trouver des réponses.

Le **document 3** décrit les différentes étapes d'une FIV. Cette description est très rapide, et si le professeur choisit de développer ce point, il pourra s'appuyer sur différents sites internet proposant des descriptions plus détaillées et de nombreuses illustrations. Toutefois, l'objectif indiqué dans le programme n'est pas de faire un descriptif exhaustif des méthodes de PMA existantes, ni de décrire en détail une de ces méthodes ; il est plutôt de montrer que ces méthodes s'appuient sur une bonne connaissance des mécanismes hormonaux contrôlant la fécondation et le début de la grossesse.

Le **document 4** va dans ce sens en proposant la description d'un protocole de stimulation hormonale. L'élève peut ainsi comprendre qu'une FIV ne peut se faire sans un parfait contrôle des cycles ovariens et utérins.

2. Les pistes d'exploitation

1. Du côté masculin, on peut avoir une production insuffisante de spermatozoïdes, ou une abondance de formes anormales. Du côté féminin, la production des ovocytes peut poser des difficultés. On peut également observer des trompes bouchées, ce qui rend impossible la rencontre des gamètes ou la migration d'un embryon vers l'utérus.

2. Il faut tout d'abord collecter les gamètes ; cela pose peu de problèmes pour les spermatozoïdes, produits en continu, mais les ovocytes sont plus délicats à prélever. On réalise ainsi des stimulations ovariennes en utilisant des hormones hypophysaires de synthèse.

Puis les gamètes doivent être mis en contact, ce qui impose de les placer dans un milieu adapté. Dans certains cas, la rareté des spermatozoïdes ou leur faible mobilité impose de recourir à une ICSI, c'est-à-dire une implantation directe d'un spermatozoïde dans l'ovocyte.

Ensuite, l'embryon doit être implanté dans l'utérus. Celui-ci doit être parfaitement développé et prêt pour la nidation, ce qui peut être fait à l'aide d'hormones ovariennes de synthèse.

Enfin, un suivi de la grossesse est nécessaire pour vérifier la bonne implantation des embryons et contrôler leur nombre.

3. Ressources complémentaires

- **Site ressources Bordas :**

Animation expliquant le protocole d'une FIVETE.

- **Lien vers une vidéo traitant de l'ICSI :**

Extrait du magazine de la Santé France 5 :

<http://www.facebook.com/video/video.php?v=1182548770203>

Prévenir les IST, causes de stérilité (p. 158-159)

Connaissances	Capacités et attitudes
Les IST, causes de stérilité, et leur propagation au sein de la population peuvent être évitées par des comportements individuels adaptés.	Relier les conseils d'hygiène, de dépistage, de vaccination et d'utilisation du préservatif aux modes de contamination et de propagation des IST.

1. Les intentions pédagogiques

Le programme demande de relier certaines pratiques conseillées à la protection contre les IST. Il n'est donc pas nécessaire de décrire dans le détail les différentes IST, mais bien de montrer ce qu'est une IST, puis d'expliquer quels sont les rôles du dépistage, de la prévention et de la vaccination. Une séance co-animée par l'infirmier(e) du lycée peut être intéressante dans ce cadre pour renforcer l'aspect « formation citoyenne » de cette partie du programme.

Le **document 1** définit ce qu'est une IST et en donne quelques exemples sans viser l'exhaustivité. Cela peut être le point de départ de recherches documentaires par les élèves sur l'un ou l'autre de ces exemples pour déterminer les agents responsables, les modes de contamination, les effets, les conséquences sur la santé...

Le **document 2** précise les conséquences d'une infection par la bactérie *Chlamydia*. Le choix de cet exemple a été fait en raison de la stérilité féminine qu'elle peut engendrer. On peut ainsi expliquer des problèmes de trompes bouchées observés au cours du travail sur la PMA. Il est donc possible de faire un tout cohérent en allant de la cause du problème jusqu'à sa résolution par une FIV.

Le **document 3** traite de la méthode de prévention la plus évidente : le préservatif.

Le **document 4** montre des résultats d'une campagne de dépistage. Ce document permet de comprendre qu'une hausse de cas positifs peut s'expliquer non pas par une progression de la maladie, mais plutôt par une meilleure politique de dépistage. On pourra alors insister sur le caractère fondamental de la connaissance de la prévalence d'une maladie dans la population pour orienter les politiques de santé publique.

Le **document 5** aborde la question de la vaccination au travers de l'exemple du cancer du col de l'utérus.

On a ainsi une illustration des trois axes des politiques de lutte contre les IST : dépister, prévenir et vacciner. Des discussions sur les axes à privilégier selon les cas pourront être intéressants à mener avec les élèves, pour comprendre que les vaccins n'existent pas toujours, que le préservatif n'est pas toujours efficace, ou que les tests de dépistage ne sont pas répandus.

2. Les pistes d'exploitation

1. De nombreuses infections touchent les organes génitaux et peuvent être à l'origine de stérilité. C'est l'exemple des infections à *Chlamydia*, qui provoquent des obstructions des trompes, rendant impossible la communication entre les ovaires et l'utérus.

2. L'usage du préservatif permet de se protéger contre la contamination de certains agents des IST comme le VIH. La propagation de ces IST est ainsi freinée.

Les tests de dépistage permettent de connaître l'étendue d'une maladie dans la population et de faire savoir aux malades qu'ils sont porteurs d'un agent infectieux et qu'ils peuvent le transmettre. Ils pourraient alors agir en conséquence : se faire soigner et protéger leurs partenaires sexuels.

La vaccination permet, quand elle existe, d'empêcher la contamination par un agent infectieux et donc de faire diminuer le nombre de personnes atteintes.

3. Ressources complémentaires

- **Manuel numérique Bordas :**

 - Fiche documentaire « *Papillomavirus* et cancer : comment s'en protéger ? »

- **Lien vers le portail de l'INPES consacré aux IST :**

 - <http://www.info-ist.fr/>

La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève p. 232.

6 La fécondation *in vitro*

1. Stimulation des ovaires et récupération des ovocytes.
Mise en contact des ovocytes avec les spermatozoïdes du conjoint.
Récupération des embryons et implantation dans l'utérus de la femme.
2. On peut proposer cette technique quand il y a trop peu de spermatozoïdes pour que le sperme soit fécondant, ou alors quand les trompes sont bouchées et empêchent la rencontre naturelle entre les gamètes.
3. On compte 25 spermatozoïdes dans les 20 carreaux représentant 10^{-6} mL de sperme, ce qui fait 25×10^6 spermatozoïdes par mL de sperme. Cette numération est supérieure à la valeur seuil, il n'y a donc pas d'oligospermie. Le seuil est quand même très proche, et le pouvoir fécondant de ce sperme ne sera pas optimal. Il pourra donc être proposé de recourir à une insémination artificielle pour augmenter les chances de réussite.

7 La lutte contre les IST

1. La campagne de vaccination contre l'hépatite B menée à Taiwan a obtenu de bons résultats puisqu'en quelques années, on a atteint un chiffre de 90 % des moins de 6 ans vaccinés.
2. On constate que parallèlement à la hausse de la proportion d'enfants vaccinés, on constate une baisse du nombre de décès par cancer hépatique qui est divisé par 3 en 15 ans. Comme le cancer du foie est une des complications possible pour l'hépatite B, on peut estimer que la vaccination contre l'hépatite B a été efficace.
3. Il aurait également été possible de conseiller l'utilisation du préservatif pour limiter la contamination entre adultes.

8 Les micropilules

Attention : Une erreur s'est glissée dans le tirage des spécimens de ce manuel : deux photos identiques (celle de la glaire à maillage lâche) ont été mises en place dans cet exercice. Cette erreur sera corrigée dans le tirage du manuel destiné aux élèves (la bonne photo de glaire à maillage serré sera mise en place).

1. La progestérone contenue dans la micropilule diminue le volume de glaire cervicale produite au niveau du col de l'utérus. Avec les faibles volumes enregistrés, cette glaire conserve un maillage serré qui la rend imperméable aux spermatozoïdes. Il ne peut donc pas y avoir de fécondation.
2. La pilule œstro-progestative contient également de la progestérone qui peut jouer le même rôle sur la glaire cervicale. Elle contient également des œstrogènes qui exercent un rétrocontrôle négatif sur l'hypophyse et maintiennent l'ovaire au repos.

Devenir homme ou femme

Activités pratiques

1

L'origine commune d'appareils génitaux différents (p. 168-169)

Connaissances	Capacités et attitudes
La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal.	<ul style="list-style-type: none"> – Caractériser à partir de différentes informations et à différentes échelles un individu de sexe masculin ou de sexe féminin. – Expliquer, à partir de données médicales, les étapes de différenciation de l'appareil sexuel au cours du développement embryonnaire.

1. Les intentions pédagogiques

Il est indiqué dans les programmes officiels que les élèves devront pouvoir caractériser le phénotype sexuel puis expliquer les étapes permettant de le construire. C'est donc naturellement que cette première double page propose des documents présentant les aspects des organes génitaux chez l'homme et la femme, et ce, au début de la construction embryonnaire et à la fin.

Le **document 1** est une échographie permettant de déterminer le sexe de l'enfant à naître. Cela constitue un bon point d'entrée dans le chapitre car il s'agit d'une situation « familière », les élèves auront déjà rencontré dans leur famille des cas où cette question a préoccupé de futurs parents. Il n'est pas question en revanche de former à la détermination du sexe par examen échographique, mais juste d'apporter une illustration renvoyant à des expériences personnelles.

Le **document 2** décrit l'aspect des organes génitaux à la naissance. Il pourra être rapproché des schémas présentés dans les pages « acquis » et représentant l'aspect de ces appareils chez un adulte. On pourra alors discuter des étapes accomplies et restantes. Il est possible à ce stade de réfléchir à des hypothèses de formation, l'observation primaire se révélant alors trompeuse. En effet, l'établissement d'homologies entre les deux appareils peut conduire à penser qu'il existe un stade commun initial avec gonades et canaux et que ces derniers se développent dans le sens mâle ou femelle.

Le **document 3** permet de rentrer dans les mécanismes de mise en place, la comparaison entre le stade initial, l'aspect à 8 semaines et celui à la naissance est renforcé par un code couleur. L'élève pourra ainsi rechercher l'origine des différents éléments. Pour reprendre la démarche précédente, l'élève peut confronter ses hypothèses à ce stade initial. Il va comprendre alors qu'il y a une seule gonade, mais deux catégories de canaux. Il peut ensuite continuer sur ce principe en imaginant les mécanismes et les organes impliqués dans l'évolution du stade indifférencié.

2. Les pistes d'exploitation

1. Avant 8 semaines, les examens échographiques ne permettent pas de dire quel sera le sexe de l'enfant à naître. De plus, le document 3 montre l'existence à cette date d'un stade initial commun aux deux sexes. Il présente deux gonades d'aspects identiques et deux systèmes de canaux (canaux de Wolff et de Müller).

2. La gonade évolue pour donner un ovaire ou un testicule. Puis les canaux subissent des transformations : les uns se développent, les autres disparaissent. Pour le sexe féminin, ce sont les canaux de Müller qui se développent, et pour le sexe masculin, ce sont les canaux de Wolff. Enfin les organes génitaux externes se développent chez le futur garçon pour donner pénis et bourses.

3. On peut voir à la naissance des structures comparables : deux gonades (ovaires ou testicules) et un système de canaux (épididyme et canaux déférents du côté masculin, trompes, utérus et vagin du côté féminin).

Le document 3 montre qu'il existe un stade initial indifférencié commun aux deux sexes, et que le principe d'évolution à partir de ce stade est comparable (disparition d'une des deux catégories de canaux).

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

Vidéo montrant la lecture du sexe d'un embryon par échographie.

Activités pratiques

2

La détermination du sexe chez l'embryon (p. 170-171)

Connaissances	Capacités et attitudes
La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal.	Expliquer, à partir de données médicales, les étapes de différenciation de l'appareil sexuel au cours du développement embryonnaire.

1. Les intentions pédagogiques

Après avoir établi les étapes principales de la mise en place du phénotype sexuel chez l'embryon, les documents proposés ici permettent d'en élucider les mécanismes. Il aura été possible de recueillir des hypothèses auprès des élèves qui pourront avancer l'intervention des hormones sexuelles ou des chromosomes X et Y. Ces hypothèses pourront être vérifiées et le rôle plus précis de ces éléments sera dégagé.

Le **document 1** aborde le sexe caryotypique. Les élèves peuvent vérifier l'idée bien établie en général que XX donne une femme et XY donne un homme. Ils pourront découvrir que la situation est un peu plus complexe et que le chromosome ne doit pas

être considéré dans son intégralité. Il sera important pour ce point d'avoir revu rapidement la notion de gène, définie au collège comme un fragment de chromosome. L'étude de ce document va de pair avec celle du suivant : à ce stade, on peut imaginer qu'il existe un gène masculinisant.

Le **document 2** apporte une confirmation de l'existence du gène masculinisant. Si l'enseignant le souhaite, des travaux complémentaires de comparaison de séquences peuvent être menés afin de montrer qu'une mutation de ce gène engendre des anomalies du phénotype sexuel.

Les **documents 3 et 4** présentent des anomalies du phénotype sexuel. On part du document 3 qui décrit ces anomalies avec une approche « historique », puis le document 4 entre dans les explications en présentant les hormones qui sont en cause.

Le **document 5** décrit le rôle des hormones dans la masculinisation. Il est possible de débiter par l'étude de ce document pour présenter les mécanismes, puis de passer à l'étude des documents 3 et 4 (ou d'autres descriptions d'anomalies) pour demander aux élèves de proposer des explications quant aux causes de ces anomalies.

2. Les pistes d'exploitation

1. Un garçon XX reçoit un chromosome X porteur d'un fragment de chromosome Y. Une fille XY reçoit un chromosome Y auquel il manque un fragment. Ce fragment contient un gène de masculinisation nommé SRY.

2. La présence du gène SRY sur un des chromosomes X est responsable d'une masculinisation de la gonade qui évolue donc en testicule.

3. Le document 3 indique que des anomalies sont parfois constatées avec un phénotype sexuel ambigu (hermaphrodisme). Le document 4 présente l'exemple de filles présentant des testicules fonctionnels, le caryotype est XY, donc pas d'anomalie de ce côté. On peut donc penser à un problème dans le fonctionnement des deux hormones présentées dans le document 5. Le testicule produit normalement de l'AMH qui fait disparaître les canaux de Wolff, donc pas de canaux génitaux féminins. Il produit également de la testostérone, mais l'individu n'est pas sensible à cette hormone. Celle-ci n'ayant pas d'effet sur les canaux de Wolff embryonnaires, il est logique que ces derniers ne se développent pas et que le phénotype reste féminin.

4. La présence chez un homme XY de trompes et d'utérus peut s'expliquer par une anomalie au niveau de l'AMH qui est censée les faire disparaître. On peut supposer que cet individu ne produira pas d'AMH ou que ces cellules sont insensibles à cette hormone.

3. Ressources complémentaires

■ Manuel numérique Bordas :

Fiche documentaire « La cryptorchidie : une mise en place inachevée ».

Le sexe phénotypique chez l'adulte (p. 172-173)

Connaissances	Capacités et attitudes
La mise en place des structures et de la fonctionnalité des appareils sexuels se réalise sur une longue période qui va de la fécondation à la puberté, en passant par le développement embryonnaire et fœtal.	Différencier, à partir de la confrontation de données biologiques et de représentations sociales ce qui relève : – de l'identité sexuelle, des rôles en tant qu'individus sexués et de leurs stéréotypes dans la société, qui relèvent de l'espace social ; – de l'orientation sexuelle qui relève de l'intimité des personnes.

1. Les intentions pédagogiques

Il y a ici deux objectifs : traiter de la puberté comme dernière étape de la mise en place du phénotype sexuel et aborder les questions de l'identité et de l'orientation sexuelle. Le deuxième point est assez délicat à traiter car touche directement au vécu et à l'intimité de l'individu, et il importe de garder de l'objectivité sans porter de jugement. Les documents proposés peuvent être utilisés en complément de recherches et de discussions menées dans la classe avec les élèves.

Les **documents 1 et 2** présentent les transformations pubertaires chez les garçons et les filles en lien avec les productions hormonales. Il s'agit globalement d'éléments déjà vus en collège, mais qui seront utiles à rappeler. Il y a également une différence importante sur la perception de ces éléments par un collégien ou un lycéen. En effet, la puberté débute ou va débiter pour un élève de 4^e, alors qu'elle s'achève pour un élève de 1^{re}. Il n'est donc pas inutile de reprendre ces points. De plus, l'objectif est de replacer ces événements pubertaires comme la dernière étape de la mise en place du phénotype sexuel qui vient clôturer celles vues précédemment.

Le **document 3** définit l'identité sexuelle et donne des exemples de cas où il n'y a pas correspondance entre le phénotype sexuel et cette identité. Un exemple plus détaillé est donné page 176 avec les Fa'afafine polynésiens ; il pourra être étudié ici si le professeur le souhaite.

Le **document 4** explique la différence entre l'identité sexuelle et l'orientation sexuelle. Ces points pourront faire l'objet de recherches plus poussées pour comprendre les implications sociales mais avec la plus grande prudence pour ne pas choquer les sensibilités.

2. Les pistes d'exploitation

1. On constate chez les filles que les modifications pubertaires (pilosité, hanches, seins...) se font entre 8 et 14 ans, c'est-à-dire à une période où la production des œstrogènes par les ovaires augmente fortement. On peut donc supposer que cette hormone est responsable du développement des caractères sexuels secondaires féminins à la puberté.

De la même façon, chez les garçons, il y a une concordance de temps entre les

modifications pubertaires (mue, poils pubiens...) et une hausse de la production de testostérone. Là encore, on pourra conclure sur un rôle de la testostérone dans le développement des caractères sexuels secondaires.

2. L'identité sexuelle d'une personne est le sexe perçu par cette personne et son entourage. Il sera reconnu dans la société et se reconnaîtra lui-même comme homme ou femme. Si la plupart du temps, il y a une correspondance entre ce ressenti et le sexe phénotypique, cela n'est pas systématique, et on voit même exister une troisième catégorie dans certaines sociétés.

L'orientation sexuelle est différente car elle concerne le choix du sexe du partenaire sexuel. Il n'y a pas de lien entre les deux.

La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève p. 232 - 233.

6 Des hommes à utérus

1. Le caryotype XY indique un sens de développement masculin, ce qui est constaté. Si le chromosome Y était privé de son gène SRY, le phénotype serait féminin, donc la cause de l'anomalie est à chercher ailleurs.
2. Chez un individu normal, l'AMH est produite pendant toute la vie fœtale avec un pic au 3^e mois de grossesse ; puis elle décroît pour atteindre un niveau bas vers 10 ans. Chez un homme à utérus, les valeurs de l'AMH sont à zéro au moment de la naissance et n'évoluent pas.
3. On peut supposer que si une personne ne produit pas d'AMH à la naissance, c'est qu'elle n'en produisait pas non plus pendant la vie fœtale. L'absence d'AMH chez un fœtus masculin conduit à la non-disparition des canaux de Müller qui vont donc subsister et donner trompes et utérus.

Vivre sa sexualité

Activités pratiques

1

L'influence des hormones sur le comportement sexuel (p. 180-181)

Connaissances	Capacités et attitudes
Le comportement sexuel chez les mammifères est contrôlé, entre autres, par les hormones [...] Au cours de l'évolution, l'influence hormonale dans le contrôle du comportement de reproduction diminue.	Établir l'influence des hormones sur le comportement sexuel des Mammifères.

1. Les intentions pédagogiques

Les facteurs contrôlant le comportement sexuel sont multiples ; les programmes officiels mettent l'accent sur trois d'entre eux. Cette première double page aborde la question du contrôle hormonal avec une séparation claire entre le cas des primates et celui des autres mammifères. On pourra débiter le chapitre par une interrogation des élèves sur la nature de ces facteurs, sur leur importance relative chez l'Homme et chez d'autres animaux. L'étude des documents proposés viendra ensuite confirmer ces hypothèses et/ou apporter d'autres éléments.

Les **documents 1 et 2** montrent de façon simple l'effet des hormones sexuelles sur le comportement sexuel.

Le **document 3** aborde le rôle de ces hormones chez les primates non-humains. L'objectif est de montrer une différence avec les mécanismes vus précédemment.

Le **document 4** présente la situation chez l'Homme. On peut ainsi mettre en évidence une bonne ressemblance avec les autres primates hominoïdes et donc établir deux modalités de contrôle différentes : majeure ou mineure. Ces documents peuvent être confrontés aux représentations des élèves concernant le comportement sexuel chez l'Homme.

2. Les pistes d'exploitation

1. Le document 1 montre que la présence de testostérone est presque indispensable à la réalisation du comportement copulatoire chez le rat. De la même façon, le document 2 indique une bonne corrélation entre le taux d'œstradiol et l'acceptation du mâle chez la brebis (plus le taux est élevé, plus il y a de femelles en œstrus). On voit donc que, chez ces mammifères, la présence des hormones sexuelles est nécessaire à l'accomplissement du comportement sexuel. Elles jouent un rôle majeur dans son déclenchement.

2. Le document 3 indique que, chez le bonobo, les actes sexuels sont favorisés par des taux élevés d'hormones sexuelles, mais le lien est moins fort que chez les autres mammifères (maintien d'actes sexuels même avec des taux hormonaux faibles).

Ces éléments sont confirmés chez l'Homme par le document 4 :

– la présence de testostérone augmente l'activité sexuelle de l'homme, mais son absence ne l'empêche pas ;

– l'activité sexuelle de la femme est plus importante au moment du pic d'œstradiol, mais les variations sont assez minimes.

Les hormones sexuelles jouent donc un rôle dans le déclenchement du comportement sexuel chez les primates, mais ce rôle est mineur, l'absence d'hormone n'étant pas un frein absolu comme pour les autres mammifères.

Activités pratiques

2

Un contrôle cérébral du comportement sexuel (p. 182-183)

Connaissances	Capacités et attitudes
Le comportement sexuel chez les mammifères est contrôlé, entre autres, par [...] le système de récompense. Au cours de l'évolution, [...] le système de récompense devient prépondérant dans la sexualité de l'Homme et plus généralement des primates hominoïdes. Les facteurs affectifs et cognitifs, et surtout le contexte culturel, ont une influence majeure sur le comportement sexuel humain.	Identifier les structures cérébrales qui participent aux processus de récompense à partir de données médicales et expérimentales.

1. Les intentions pédagogiques

Un questionnement des élèves donnera probablement des réponses impliquant un rôle du cerveau dans le comportement sexuel, mais il n'y aura sans doute pas plus de précisions. Ce rôle est extrêmement complexe et fait encore aujourd'hui l'objet de recherches et de débats dans le monde scientifique. Il conviendra donc ici de s'en tenir aux grandes lignes : implication du cortex et du système de récompense.

Le **document 1** précise des termes importants concernant le comportement sexuel humain qui prend le nom de comportement érotique. Il indique l'existence de facteurs sociaux, culturels, cognitifs.

Selon le choix du professeur, des recherches documentaires pourront explorer d'autres cultures actuelles ou d'autres époques pour mettre en évidence le lien existant entre culture et comportement érotique. On s'en tient ici à une description de capacités cérébrales nouvelles par rapport aux autres mammifères.

Le **document 2** apporte une explication aux capacités cérébrales identifiées sur le document 2 avec l'étude du développement du cortex au cours de l'évolution ayant conduit à l'Homme.

Le **document 3** présente les mécanismes du système de récompense. L'exemple pris ne concerne pas le comportement sexuel, mais une expérience historique qui permet de bien comprendre le processus de renforcement. L'explication en reste au niveau fonctionnel : un acte stimule le cerveau et le plaisir ressenti renforce la nécessité d'accomplir à nouveau cet acte.

Le **document 4** apporte un éclairage sur les organes liés à la fonction décrite précédemment. On voit ici les zones du cerveau impliquées dans le renforcement. Des logiciels permettent de faire des simulations pour mieux comprendre ces mécanismes si le professeur souhaite développer ce point.

Une vérification expérimentale de l'implication du système de la récompense dans le déclenchement de l'acte sexuel est également possible à l'aide d'un document proposé sur le **manuel numérique enrichi**. Il s'agit d'une IRM fonctionnelle montrant l'activation de l'aire tegmentale ventrale dans le cerveau de femmes éprouvant un plaisir sexuel.

2. Les pistes d'exploitation

1. Chez l'Homme, on constate la prédominance de facteurs culturels, cognitifs affectifs dans le déclenchement de l'acte sexuel ainsi que la recherche de plaisir. Son déclenchement se fait donc dans des lieux, à des moments et avec des partenaires choisis par l'individu. Ces éléments n'apparaissent pas ou très peu chez les autres mammifères chez qui l'acte sexuel se limite à un acte reproducteur. On parle donc, chez l'Homme, de comportement érotique plutôt que de comportement de reproduction.

2. On constate que, chez l'Homme, le cortex cérébral a considérablement augmenté au regard de celui des autres mammifères. Ce développement a permis l'acquisition de capacités nouvelles (culture, sentiments, pensée abstraite...) liées à l'évolution du comportement sexuel constaté.

3. Le système de récompense est lié à une zone du cerveau responsable d'une sensation de plaisir quand elle est stimulée. L'individu va ensuite rechercher à reproduire ce stimulus pour éprouver à nouveau ce plaisir.

L'acte sexuel stimule des zones érogènes et active les circuits de la récompense dans le cerveau ; on éprouve donc une sensation de plaisir. Les individus vont chercher à reproduire cette sensation de plaisir, donc vont reproduire l'acte sexuel. La recherche de plaisir conduit donc vers l'accomplissement de l'acte sexuel.

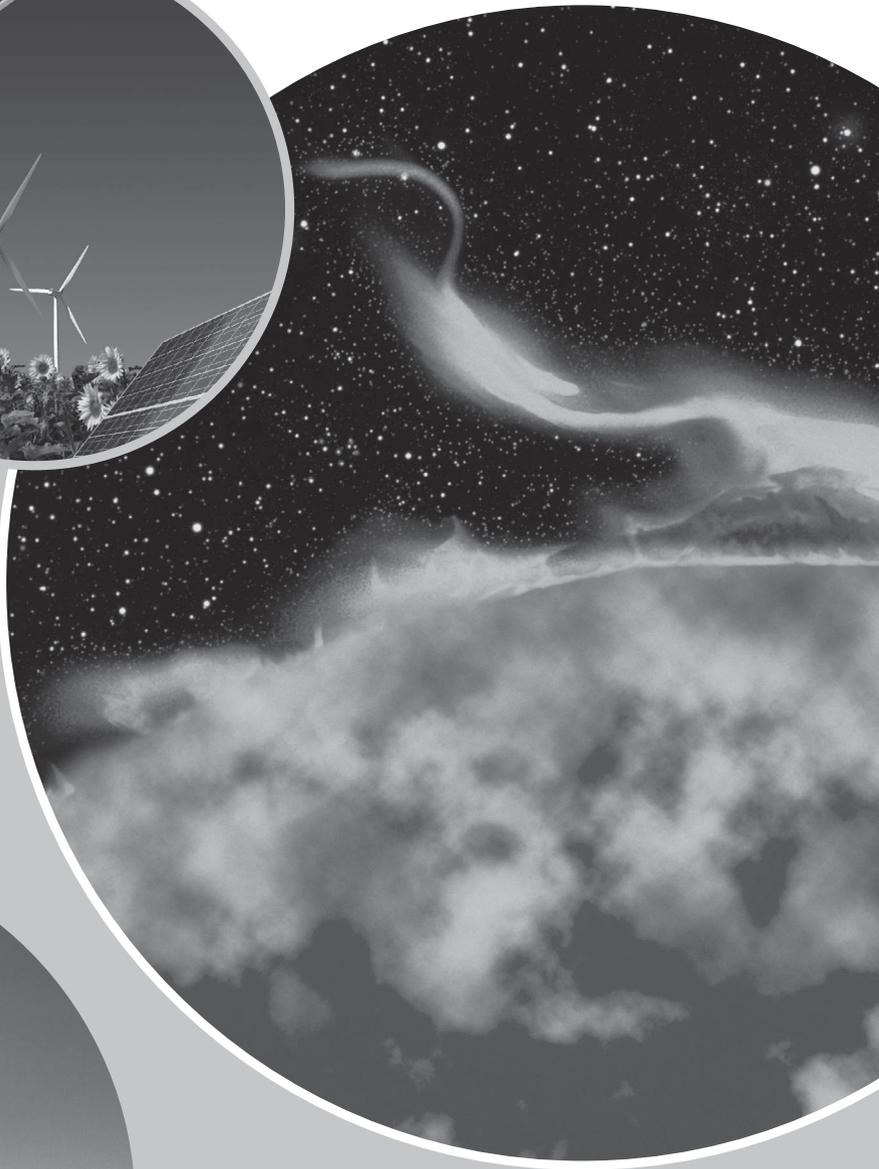
La correction des exercices 1 à 5 figure dans le manuel de l'élève p. 233.

6 Plaisir sexuel et système de récompense

La dopamine est liée à une sensation de plaisir, sa libération par les circuits de récompense est en effet responsable du déclenchement de cette sensation.

Un nouveau stimulus déclenche une production de dopamine, donc un certain plaisir. En revanche, un stimulus connu est anticipé, c'est-à-dire que le plaisir est ressenti avant le stimulus lui-même car le sujet reconnaît la situation.

Une stimulation des organes génitaux déclenche une sensation de plaisir, donc une libération de dopamine. Le sujet va donc rechercher à reproduire ce plaisir et reproduira les situations permettant de produire de la dopamine.





Partie 4

Le défi énergétique

Chapitre 1	Activités humaines et besoins en énergie	PHYSIQUE-CHIMIE	132
Chapitre 2	L'utilisation des ressources énergétiques disponibles	PHYSIQUE-CHIMIE	139
Chapitre 3	Optimiser la gestion et l'utilisation de l'énergie	PHYSIQUE-CHIMIE	146

Partie 4 Le défi énergétique

Les objectifs généraux de cette partie

Cette partie s'appuie sur des acquis des classes de 4^e et de 3^e : les notions de piles et de puissance ont été abordées, ainsi que le principe de production d'une tension alternative. Il y a de nombreux points nouveaux à approfondir, fondamentaux en Sciences Physiques, comme la nécessité de convertir l'énergie afin de la rendre compatible avec l'usage envisagé, mais également la fin programmée des sources d'énergie fossile et par conséquent la nécessaire compréhension et valorisation des énergies renouvelables.

Cette partie permet enfin d'appréhender l'exercice de la responsabilité en matière de développement durable.

Cette partie du programme permet de développer un certain nombre de compétences :

- **Des connaissances** : Cette partie permet de faire l'analyse des besoins énergétiques, des contraintes liées à l'épuisement des ressources, et propose ainsi une réflexion sur la recherche de solutions nouvelles comme l'exploitation des sources d'énergie renouvelable. Les documents proposés permettent une vue d'ensemble des énergies renouvelables à développer mais certains proposent l'approfondissement de l'une d'entre elles comme par exemple l'énergie solaire. Les phénomènes physiques qui interviennent dans les systèmes de stockage de l'énergie, dans les centrales nucléaires, seront décrits pour permettre la compréhension de systèmes techniques importants.
- **Des capacités** : Cette partie est l'occasion de travailler sur les notions d'énergie et de puissance. La relation entre l'énergie, la puissance et le temps est donnée et elle permettra des calculs d'ordres de grandeur de consommations énergétiques dans les utilisations courantes de la vie quotidienne. Des manipulations sur la mesure de puissance, sur la comparaison de diverses sources lumineuses mais aussi sur l'effet de serre offrent à l'expérimentation une place primordiale dans la recherche d'un développement durable.
- **Des attitudes** : La prise de conscience, finalement récente, que nous vivons sur une planète aux ressources limitées, doit conduire les citoyens à tout mettre en œuvre pour que la gestion de l'énergie soit optimale et respectueuse de l'environnement.

Une correspondance entre le programme officiel et les chapitres du manuel

Programme : Notions et contenus	Les chapitres du manuel
<p><i>Activités humaines et besoins en énergie</i></p> <p>Besoins énergétiques engendrés par les activités humaines : industries, transports, usages domestiques.</p> <p>Quantification de ces besoins : puissance, énergie.</p> <p>Conversion d'énergie.</p>	<p>chapitre 1</p> <p>Activités humaines et besoins en énergie</p> <p>(pages 190-203)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 Des besoins en énergie sans cesse croissants</p> <p>Act. 2 Établir une relation entre puissance et énergie</p> <p>Act. 3 Distinguer les différentes formes d'énergie</p>
<p><i>Utilisation des ressources énergétiques disponibles</i></p> <p>Ressources énergétiques et durées caractéristiques associées (durée de formation et durée estimée d'exploitation des réserves).</p> <p>Ressources non renouvelables :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fossiles (charbon, pétroles et gaz naturels) ; - fissiles (Uranium : isotopes, $^{235}_{92}\text{U}$: isotope fissile). <p>Ressources renouvelables.</p> <p>Le soleil, source de rayonnement.</p> <p>Centrale électrique thermique à combustible fossile ou nucléaire.</p> <p>Réaction de combustion.</p> <p>Réaction de fission.</p> <p>Réaction de fusion.</p> <p>Le Soleil, siège de réactions de fusion nucléaire.</p> <p>Exploitation des ressources renouvelables.</p>	<p>chapitre 2</p> <p>L'utilisation des ressources énergétiques disponibles</p> <p>(pages 204-215)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 L'utilisation des combustibles fossiles</p> <p>Act. 2 L'utilisation des énergies renouvelables</p> <p>Act. 3 L'énergie nucléaire</p>
<p><i>Optimisation de la gestion et de l'utilisation de l'énergie</i></p> <p>Transport et stockage de l'énergie.</p> <p>Accumulateur électrochimique et pile à combustible.</p> <p>Sous-produits de l'industrie nucléaire. Décroissance radioactive.</p> <p>Effet de serre.</p>	<p>chapitre 3</p> <p>Optimiser la gestion et l'utilisation de l'énergie</p> <p>(pages 216-229)</p> <p>Les activités pratiques</p> <p>Act. 1 Transport et stockage de l'énergie</p> <p>Act. 2 Le stockage de l'électricité</p> <p>Act. 3 L'empreinte environnementale</p>

Activités humaines et besoins en énergie

Activités pratiques

1

Des besoins en énergie sans cesse croissants (p. 192-193)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Besoins énergétiques engendrés par les activités humaines : industries, transports, usages domestiques. - Quantification de ces besoins. 	Exploiter des documents et/ou des illustrations expérimentales pour mettre en évidence différentes formes d'énergie.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est d'évaluer les besoins énergétiques engendrés par les activités humaines.

Le **document 1** montre l'évolution de la demande énergétique depuis environ un million d'années.

Le **document 2** permet de définir une unité de mesure de la demande énergétique, la tonne équivalent pétrole (tep) et il indique l'évolution mondiale de la consommation par habitant.

Le **document 3** lie le niveau de développement des populations à leur consommation énergétique en définissant l'indice de développement humain.

Le **document 4** permet de retenir quelques ordres de grandeur de puissances rencontrées dans la vie quotidienne.

2. Les pistes d'exploitation

1. Depuis environ un million d'années, les besoins énergétiques ont été multipliés par 100. Ces dernières années, les transports occupent une place très importante dans la consommation par habitant et par jour, ceci ayant été accéléré par la révolution industrielle.

2. Les problèmes engendrés peuvent être :

- un épuisement plus important et plus rapide des ressources énergétiques planétaires ;
- une dégradation de l'environnement liée aux activités de production, de stockage et de transport de l'énergie.

3. La plus forte consommation énergétique dans les pays développés se traduit par une meilleure qualité de vie : accès à l'eau, à l'électricité, conservation des aliments, conditions d'hygiène et de santé, maîtrise de la pollution...

4. Les puissances « consommées » : les athlètes, la lampe, le sèche-cheveux, le moteur.
 Les puissances « générées » : l'éolienne, les panneaux photovoltaïques.
 Pour un radiateur électrique : de 500 W à 2 500 W.
 Pour un chargeur de téléphone portable : environ 4 W.

3. Ressources complémentaires

- **Site : Commissariat à l'énergie atomique (CEA)** à propos de la demande énergétique : http://www.cea.fr/energie/energies_climat_les_defis_de_la_recherche/l_energie_dans_le_monde_une_augmentation_inclu

Activités pratiques

2

Établir une relation entre puissance et énergie (p. 194-195)

Connaissances	Capacités et attitudes
Puissance, énergie.	<ul style="list-style-type: none"> – Connaître et utiliser la relation liant puissance et énergie. – Rechercher et exploiter des informations sur des appareils de la vie courante et sur des installations industrielles pour porter un regard critique sur leur consommation énergétique et pour appréhender des ordres de grandeur de puissance.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de connaître et d'utiliser la relation liant puissance et énergie.

Le **document 1** énonce la relation liant puissance et énergie et précise les unités du système international.

Le **document 2** propose un protocole expérimental pour permettre de comparer l'efficacité de trois lampes.

Les **documents 3 et 4** indiquent des ordres de grandeur de valeurs d'énergie dans la vie quotidienne et introduisent le wattheure comme unité usuelle d'énergie.

Le **document 5** présente l'étiquette « énergie » apposée sur les appareils électroménagers neufs.

2. Les pistes d'exploitation

1. La puissance indiquée étant $P = 6,75 \text{ W}$, on a $E = P \times t$, avec $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$.
 Donc l'énergie consommée pendant 5 minutes est $E = 2\,025 \text{ J}$.

2. L'efficacité d'une lampe à induction est supérieure à celle d'une lampe fluo compacte, elle-même supérieure à celle d'une lampe à incandescence.

Pour la lampe à induction, la lumière est produite par ionisation des atomes de gaz présents. Mais, dans ce type de lampe, il n'y a pas d'électrode comme dans la lampe fluo compacte. L'ionisation des atomes est réalisée par un champ magnétique créé par la circulation d'un courant à haute fréquence entre deux bobines placées autour du tube scellé sous vide de la lampe.

Dans le cas de la lampe à incandescence, la lumière est émise par un filament de tungstène porté à incandescence dans une atmosphère de gaz inerte.

3. Sachant que $1 \text{ kWh} = 3\,600 \text{ kJ}$, pour 100 km, le véhicule consomme $16,1 \text{ kWh} = 57\,960 \text{ kJ}$.

4. D'après l'étiquette « énergie », cet appareil de classe B consomme 285 kWh/an . D'après le document 4, on peut penser que cette consommation est celle d'un lave-linge. Plus la température de l'eau sera élevée, plus sa consommation énergétique sera importante, donc la consommation de l'appareil sera augmentée.

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

1 petit moteur à courant continu, 1 wattmètre monophasé, 1 luxmètre, 1 wattmètre-joulemètre sur secteur, 1 lampe fluocompacte, 1 lampe à induction, 1 lampe à incandescence.

■ **Site : Données techniques simples sur les véhicules électriques :**

<http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE/ve.pdf>

■ **Site : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) :**

À propos de l'étiquette « énergie : »

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=13712&m=3&catid=20813>

Distinguer les différentes formes d'énergie (p. 196-197)

Connaissances	Capacités et attitudes
	Mettre en évidence différentes formes d'énergie.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de connaître les principales sources d'énergie et de comprendre que les énergies se convertissent sans cesse d'une forme en une autre.

Le **document 1** explique que les trois principales sources d'énergie « primaires » sont le soleil, la gravité et l'atome. Il indique les sources d'énergie secondaires pouvant provenir du Soleil, comme par exemple la filière hydraulique liée au cycle de l'eau, résultat d'une évaporation donc de l'intervention de l'énergie solaire.

De même l'énergie éolienne, qui résulte du vent, donc des différences de température entre les masses d'air, est une énergie secondaire dépendante de l'énergie solaire.

Le **document 2** montre quelques exemples de conversion d'une forme d'énergie à une autre.

Le **document 3** présente la chaîne énergétique complète qui intervient dans une centrale hydraulique productrice d'électricité. On passe ainsi de l'énergie potentielle de pesanteur de l'eau retenue dans le barrage à de l'énergie électrique transportée sur des lignes à haute tension.

2. Les pistes d'exploitation

1. Forme d'énergie secondaire provenant de la gravité : les usines marémotrices qui utilisent la force des marées pour entraîner des turbines. Celles-ci, reliées à des alternateurs, permettent la production d'électricité.

Forme d'énergie secondaire provenant de l'atome : l'énergie nucléaire utilisée dans les centrales nucléaires (voir chapitre 2 de cette partie).

2. Le cycle de l'eau provient de l'évaporation de celle-ci sous l'action de l'énergie solaire. L'eau stockée en hauteur, donc possédant une importante énergie dite de position, entraînera des turbines qui, reliées à un alternateur, produiront de l'électricité.

3. Comme exemple d'énergie potentielle, on peut citer l'énergie potentielle de pesanteur ou énergie de position. Plus un objet possède une altitude élevée par rapport au sol, plus son énergie de position (disponible pour être convertie en une autre forme) est importante.

L'énergie cinétique correspond à l'énergie de mouvement.

Dans une centrale hydraulique, l'énergie potentielle de l'eau retenue en hauteur est convertie en énergie cinétique dans la conduite forcée.

4. Plus la hauteur de retenue est importante, plus l'énergie potentielle de pesanteur

de l'eau est élevée. On disposera ainsi d'une énergie plus importante pour entraîner la turbine reliée à l'alternateur.

Lorsque l'on transporte l'électricité sur des lignes à haute tension, l'intensité du courant qui circule sur ces câbles est minimisée. Ainsi, on diminue les pertes d'énergie par effet Joule (un fil électrique chauffe lorsqu'il est traversé par un courant).

3. Ressources complémentaires

■ **Manuel numérique Bordas :**

- Animation « La centrale hydroélectrique et les conversions d'énergie » ;
- Vidéo « Le moteur de Stirling (moteur à air chaud) » (ressource complémentaire pour « évolution des moteurs thermiques », page 201) ;
- Vidéo « La géothermie dans le Val-de-Marne » (ressource complémentaire « Pour aller plus loin... », page 200)

À Chevilly-la-Rue se trouve une centrale géothermique, le plus grand réseau de chauffage géothermique dans le Val-de-Marne : la centrale alimente 21 000 logements et les équipements publics de la ville, comme la piscine. Ce choix d'énergie amène à une nette économie financière et évite des rejets importants de CO₂ dans l'atmosphère. <http://www.ina.fr/economie-et-societe/environnement-et-urbanisme/video/3591181001022/la-geothermie-dans-le-val-de-marne.fr.html>

La correction des exercices 1 à 4 figure dans le manuel de l'élève p. 233.

5 La facture d'électricité

1. On obtient l'énergie totale consommée en joule en multipliant la puissance (en W) par le temps (en s) et en faisant la somme pour chaque appareil :

$$E = (60 \times 4 \times 3\,600) + (40 \times 2 \times 3\,600) + (100 \times 3\,600) + (12 \times 1,5 \times 3\,600) + (2\,000 \times 50 \times 60) + (3\,000 \times 30 \times 60) + (2\,500 \times 3 \times 3\,600) + (160 \times 6 \times 3\,600) + (500 \times 2,5 \times 3\,600) = 4,79 \times 10^7 \text{ J.}$$

Sachant que $1 \text{ kWh} = 3\,600 \times 10^3 \text{ J}$, on obtient 13,3 kWh.

L'énergie électrique consommée quotidiennement est égale à 13,3 kWh.

2. L'abonné devra payer la somme de $(0,1093 \times 13,3) = 1,45 \text{ € / jour}$.

3. Pendant 2 minutes (donc 120 s), le four électrique consomme l'énergie égale à $3\,000 \times 120 = 360\,000 \text{ J}$.

Sachant que $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$, cela représente une consommation de 100 Wh.

Comme un tour de disque correspond à 1,8 Wh, il faudra 55 tours et demi de disque pour vérifier le bon fonctionnement du compteur électrique.

6 L'étiquette « Énergie »

1. La voiture la moins écologique est celle de classe D, donc la voiture 2 qui rejette 155 g de CO_2 par km.

2. Effectivement, on constate que la voiture qui rejette davantage de CO_2 est celle qui consomme le plus de carburant pour 100 km.

3. Pour la voiture 1 :

– la consommation est de 4,5 L / 100 km, soit 0,045 L / 1 km ;

– elle rejette 118 g/km, soit 118 g pour 0,045 L de carburant consommé ;

– ainsi, pour 1 L de carburant consommé, la voiture 1 rejette $(118/0,045) \text{ g}$ de CO_2 , soit 2 622 g.

Conclusion : La voiture 1 rejette 2,6 kg de CO_2 par litre de carburant consommé.

Pour la voiture 2, un calcul similaire conduit à 2,3 kg de CO_2 par litre de carburant consommé.

Donc on remarque que la consommation brute du véhicule n'est pas suffisante pour conclure sur le lien entre consommation et rejet de CO_2 , la constitution du moteur est à prendre en compte. La voiture 1 est équipée d'un moteur Diesel qui rejette davantage de CO_2 que la voiture 2 équipée d'un moteur essence.

4. $118 + 0,15 \times 118 = 136 \text{ g/km}$ environ.

Le véhicule devient un véhicule de classe C (entre 121 et 140 g/km).

5. Le parc de voitures neuves sera de classe C.

7 Conversions d'énergie

1. Légendes :

1 : barrage

- 2 : conduite forcée
- 3 : turbine
- 4 : alternateur
- 5 : transformateur
- 6 : ligne à haute tension.

2. Dans la conduite forcée, il y a conversion de l'énergie potentielle de pesanteur de l'eau en énergie cinétique.

La turbine convertit l'énergie cinétique de translation en énergie mécanique de rotation. L'alternateur convertit l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique.

3. Le rendement d'un système est défini par le rapport de la grandeur utile (ici la puissance électrique en sortie de l'alternateur) sur la grandeur d'entrée (ici la puissance disponible en entrée de la turbine).

Donc, en sortie de l'alternateur, $P = 1\,650 \times 0,90 = 1\,485$ kW.

4. $E = P \times t$

$t = 24 \text{ h} = 24 \times 3\,600 = 86\,400 \text{ s}$

donc $E = 1485 \times 10^3 \times 86\,400 \text{ s} = 1,28 \times 10^{11} \text{ J} = 35\,640 \text{ kWh}$

L'utilisation des ressources énergétiques disponibles

Activités pratiques

1

L'utilisation des combustibles fossiles (p. 206-207)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Ressources énergétiques et durées caractéristiques associées (durée de formation et durée estimée d'exploitation des réserves). - Ressources non renouvelables : <ul style="list-style-type: none"> • fossiles (charbon, pétroles et gaz naturels) ; • fissiles (Uranium : isotopes, $^{235}_{92}\text{U}$: isotope fissile). 	Rechercher et exploiter des informations pour : <ul style="list-style-type: none"> - associer des durées caractéristiques à différentes ressources énergétiques ; - distinguer des ressources d'énergie renouvelables et non renouvelables ; - identifier des problématiques d'utilisation de ces ressources.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est d'expliquer les contraintes liées à l'utilisation des combustibles fossiles, en particulier celles qui concernent l'épuisement des réserves. Le fonctionnement d'une centrale thermique à flamme, siège d'un ensemble de conversions énergétiques, est détaillé.

Le **document 1** indique la répartition des réserves de pétrole et permet de réfléchir sur la non proximité entre les lieux de réserve et de consommation.

Le **document 2** donne des ordres de grandeur sur les durées estimées des réserves de combustibles fossiles.

Le **document 3** précise les caractéristiques de la réaction chimique de combustion d'un hydrocarbure.

Le **document 4** détaille tous les éléments constitutifs d'une centrale thermique à flamme. La chaîne de conversions énergétiques sera analysée.

2. Les pistes de travail

1. D'après l'histogramme, la plus grande proportion des réserves de pétrole (62 %) se situe au Moyen Orient. L'Amérique du Nord, région où la consommation est la plus importante, ne possède que 5 % des réserves. Cette non proximité entre régions de forte consommation et emplacement des réserves va engendrer de nombreux problèmes, à la fois environnementaux (transports, pollution...) et économiques.

2. Il faudra trouver des sources d'énergie alternatives. En particulier pour les moyens

de transport, mais aussi pour l'accès à l'électricité, majoritairement produit dans le monde à partir des centrales à charbon.

3. En France, l'électricité est produite à 80 % à partir de centrales nucléaires. L'Allemagne a décidé sa sortie du nucléaire d'ici une dizaine d'années.

4. Énergie chimique lors de la réaction de combustion.

Énergie thermique dans la chaudière.

Énergie mécanique qui permet la mise en rotation de la turbine.

Énergie électrique à la sortie de l'alternateur.

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

Principe simplifié d'un alternateur : Maquette didactique :

<http://www.crdp-limousin.fr/Prototypes-de-maquettes-energie.html#onduleur>

■ **Site : Visite virtuelle d'une centrale à charbon :**

http://www.nbpower.com/html/fr/safety_learning/learning/electricity_generated/thermal/conveyor.html

L'utilisation des énergies renouvelables (p. 208-209)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Ressources renouvelables. - Le Soleil, source de rayonnement. - Conversion d'énergie. - Le Soleil, siège de réactions de fusion nucléaire. - Exploitation des ressources renouvelables. 	Rechercher et exploiter des informations pour : <ul style="list-style-type: none"> - distinguer des ressources d'énergie renouvelables et non renouvelables ; - identifier des problématiques d'utilisation de ces ressources.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de distinguer les énergies renouvelables des énergies non renouvelables. Mais aussi d'attirer l'attention sur le fait que l'utilisation des énergies renouvelables n'est pas sans contraintes.

La dernière partie indique les utilisations directes de l'énergie solaire et précise la représentation symbolique utilisée pour le noyau d'un élément chimique.

Le **document 1** fournit des données chiffrées sur la part des énergies renouvelables utilisées dans l'Union européenne.

Le **document 2** permet de prendre conscience de quelques inconvénients liés à l'utilisation des énergies renouvelables.

Le **document 3** montre d'une part que l'énergie dégagée par les réactions nucléaires au sein du Soleil est considérable et explique d'autre part la représentation symbolique pour le noyau d'un élément chimique. Il permet d'introduire les notions de numéro atomique et de nombre de masse.

Le **document 4** explique le principe de production directe d'électricité à l'aide d'un panneau photovoltaïque.

Le **document 5** montre comment l'énergie solaire peut être valorisée pour la production d'eau chaude sanitaire.

2. Les pistes de travail

1. La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.

Les principales formes de l'énergie de biomasse sont les biocarburants (pour le transport), la combustion de bois et de déchets dans des centrales produisant de l'électricité, de la chaleur ou les deux (cogénération).

2. Comme inconvénients de l'utilisation des éoliennes, on peut citer :

- la détérioration des paysages ;
- le bruit ;
- la nécessité de grandes quantités de béton pour leur implantation.

3. Si trop de surfaces cultivables étaient utilisées pour produire des biocarburants, la part de celles-ci dédiée à la production agroalimentaire diminuerait. Ceci aurait pour effet une augmentation inévitable des prix des matières premières et risquerait à terme

d'avoir des conséquences sur l'alimentation satisfaisante des populations.

4. La puissance solaire reçue au niveau du sol dépend bien sûr de la météorologie, mais aussi de l'inclinaison des rayons solaires par rapport au sol.

5. Un panneau solaire de 1m² recevant 1 kW délivre environ 150 W de puissance électrique. Il peut par exemple faire fonctionner un ordinateur (à condition de transformer le courant continu qu'il produit en courant alternatif).

6. Le solaire thermique peut être utilisé :

- comme chauffage d'appoint dans les installations de chauffage domestique ;
- comme source chaude dans des moteurs thermiques (par exemple, des installations à moteur de Stirling utilisent l'énergie solaire comme source chaude).

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

- Chauffe-eau solaire : maquette didactique

<http://www.crdp-limousin.fr/Prototypes-de-maquettes-energie,453.html>

- Véhicule électrique à énergie solaire : maquette didactique

<http://www.crdp-limousin.fr/Prototypes-de-maquettes-energie.html>

■ **Observatoire des énergies renouvelables :**

Données chiffrées et actualisées :

<http://www.energies-renouvelables.org/>

■ **Manuel numérique Bordas :**

- Animation « Fonctionnement d'une centrale thermique et d'une centrale nucléaire » ;
- Animation « Fonctionnement d'un panneau solaire (capture de l'énergie lumineuse ; circulation des particules, génération du courant électrique) » ;
- Fiche documentaire « Des éoliennes sous la mer ».

L'énergie nucléaire (p. 210-211)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none"> - Centrale électrique thermique à combustible fossile ou nucléaire. - Réaction de combustion. - Réaction de fission. - Réaction de fusion. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les différentes formes d'énergie intervenant dans une centrale thermique à combustible fossile ou nucléaire. - Interpréter l'équation d'une réaction nucléaire en utilisant la notation symbolique du noyau A_ZX. - À partir d'exemples donnés d'équations de réactions nucléaires, distinguer fission et fusion. - Exploiter les informations d'un document pour comparer : <ul style="list-style-type: none"> • les énergies mises en jeu dans des réactions nucléaires et dans des réactions chimiques ; • l'utilisation de différentes ressources énergétiques.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de comprendre l'origine de l'énergie nucléaire exploitée dans les centrales productrices d'électricité. La réaction de fission est présentée en utilisant la notation symbolique des noyaux atomiques, ainsi que les contraintes liées à son utilisation (contrôle de la réaction en chaîne...).

Le **document 1** explique le mécanisme de la réaction de fission nucléaire de l'uranium 235. Il permet également de comprendre la nécessité d'une réaction en chaîne mais aussi de son contrôle.

Le **document 2** indique que la majorité de l'uranium naturel n'est pas utilisable directement dans les centrales et il compare les réserves d'uranium à celles des combustibles fossiles.

Le **document 3** détaille les éléments constitutifs d'une centrale nucléaire pour en comprendre le fonctionnement. Il pourra être utile de faire le parallèle avec les centrales thermiques à flamme. Seule l'origine de l'énergie thermique nécessaire à la vaporisation de l'eau qui entraînera la turbine diffère.

2. Les pistes d'exploitation

1. Attention : dans le premier tirage du manuel, une erreur s'est glissée dans le document 1 : l'Yttrium (symbole Y) doit avoir un nombre de masse égale à 102 pour vérifier la conservation du nombre de masse.

2. Pour l'uranium, on a $Z = 92$, donc il y a 92 protons.

Pour l'uranium 235 : $A = 235 = 92 + 143$, donc il y a 143 neutrons.

Pour l'uranium 238 : $A = 238 = 92 + 146$, donc il y a 146 neutrons.

3. L'arrêt du réacteur nucléaire peut être effectué en laissant tomber les barres de contrôle dans le cœur du réacteur : les neutrons sont alors tous absorbés et la réaction en chaîne s'arrête.

4. Le circuit de refroidissement permet de faire passer l'eau qui sort de la turbine de l'état de vapeur à l'état liquide avant qu'elle ne pénètre à nouveau dans le générateur de vapeur. L'eau du circuit de refroidissement aura donc tendance à se réchauffer et à produire la vapeur que l'on observe en sortie des tours de refroidissement.

3. Ressources complémentaires

- **Site : Visite virtuelle d'une centrale nucléaire :**

<http://energie.edf.com/html/video/production/nucleaire/radioactivite/player.html>

La correction des exercices 1 à 4 figure dans le manuel de l'élève page 233.

5 La réaction nucléaire

A.

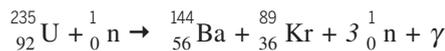
1. Le noyau de xénon doit posséder un nombre de masse égal à celui de l'iode, donc 131. Le nombre de protons (numéro atomique Z) doit être de 44 pour vérifier sa conservation.

2. Pour Xe : $Z = 44$ protons. Le nombre de neutrons est $A - Z = 131 - 44 = 87$ neutrons.

B.

3. La réaction de fission de l'uranium produit des noyaux fils (ici Ba et Kr), des neutrons et un rayonnement électromagnétique γ .

On utilise la conservation du nombre de masse A pour déterminer le nombre de neutrons 1_0n : ici il faut trois neutrons produits.



6 Bilan énergétique d'une centrale nucléaire

1. Si la tranche produit 900 MW, il a fallu $900/0,30 = 3\,000$ MW de puissance libérée par les réactions nucléaires.

2. Une journée correspond à $t = 24 \text{ h} = 24 \times 3\,600 = 86\,400 \text{ s}$.

$$E = P \times t$$

$$E = 3\,000 \times 10^6 \times 86\,400 = 2,6 \times 10^{14} \text{ J}$$

Sachant que $1 \text{ tep} = 42 \times 10^9 \text{ J}$, on obtient $E = 6\,190 \text{ tep}$.

3. Une réaction de fission libère $3,20 \times 10^{-11} \text{ J}$, donc pour obtenir $2,6 \times 10^{14} \text{ J}$, il faut $8,12 \times 10^{24}$ réactions de fission.

4. Il faut donc $N = 8,12 \times 10^{24}$ noyaux d'uranium.

Sachant que la masse d'un noyau d'uranium est $m_{\text{U}} = 3,902 \times 10^{-25} \text{ kg}$, il faut une masse d'uranium par jour $m = N \times m_{\text{U}} = 3,17 \text{ kg}$.

Cette tranche consomme $3,17 \text{ kg}$ d'uranium par jour.

Optimiser la gestion et l'utilisation de l'énergie

Activités pratiques

1

Transport et stockage de l'énergie (p. 218-219)

Connaissances	Capacités et attitudes
Transport et stockage de l'énergie.	<ul style="list-style-type: none"> - Rechercher et exploiter des informations pour comprendre l'utilisation de l'électricité comme mode de transfert de l'énergie. - Faire preuve d'esprit critique : discuter des avantages et des inconvénients de l'exploitation d'une ressource énergétique, y compris en termes d'empreinte environnementale.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de montrer que l'exploitation des ressources énergétiques engendre de nombreuses contraintes, en particulier environnementales.

De plus, des sources d'énergies renouvelables comme le soleil ou le vent sont intermittentes et nécessitent la mise au point de systèmes de stockage pour pouvoir disposer de l'énergie à la demande.

Le **document 1** explique la nécessaire utilisation de systèmes de stockage en prenant l'exemple de la puissance délivrée par une éolienne.

Le **document 2** montre que le transport des sources d'énergie, à la fois coûteux et polluant, est inévitable dans la mesure où lieux de consommation et de réserve sont différents.

Le **document 3** présente un nouveau procédé de stockage de la chaleur. Celui-ci utilise les changements d'état (passage de l'état solide à l'état liquide et inversement) de certains matériaux qui entrent dans la constitution des cloisons.

Le **document 4** présente un système technique assez simple qui permet de valoriser l'énergie solaire accumulée durant la journée en permettant sa restitution durant la nuit. Quelques bâtiments publics commencent à être équipés de ce système.

2. Les pistes d'exploitation

1. La vitesse du vent, à l'origine de la rotation des pales d'une éolienne, n'est jamais constante : par nature, le vent est un phénomène fluctuant. Des systèmes automatiques situés dans la nacelle de l'éolienne (qui réalisent par exemple la variation de l'angle de calage des pales) permettent de réguler la puissance électrique produite. Un système de stockage s'impose pour faire correspondre l'offre énergétique à la demande.
2. Lors d'un accident de pétrolier, les quantités rejetées dans l'océan peuvent être considérables, engendrant la destruction de la faune et la flore et perturbant les écosystèmes.
3. Le passage de l'état solide à l'état liquide est un phénomène endo-énergétique : c'est-à-dire que la microbille absorbe de la chaleur lors de ce processus. Durant la nuit, le passage de l'état liquide à l'état solide est un phénomène exo-énergétique, c'est-à-dire que les microbilles vont libérer de l'énergie thermique au local. Ces phénomènes sont utilisés dans un réfrigérateur, mais dans ce cas, c'est le passage de l'état liquide à l'état gazeux du fluide frigorigène qui est concerné.
4. L'air de température plus élevée est moins dense que l'air plus froid, c'est-à-dire que pour un même volume, sa masse est plus faible, et par conséquent l'effet de la pesanteur (le poids) est diminué. Cet air plus chaud aura donc tendance à monter et l'air plus froid à descendre (puisque'il ne doit pas y avoir de vide). Ce phénomène physique porte le nom de convection.

3. Ressources complémentaires

- **Site : Statistiques mondiales en temps réel sur la production éolienne :**
<http://www.planetoscope.com/energie/eolienne>
- **Site : Article sur les matériaux à changement de phase :**
<http://www.actualites-news-environnement.com/16158-materiaux-changement-phase-environnement.html>
- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « Le stockage du gaz en réservoirs naturels souterrains ».

Le stockage de l'électricité (p. 220-221)

Connaissances	Capacités et attitudes
Accumulateur électrochimique et pile à combustible.	<ul style="list-style-type: none"> – Rechercher et exploiter des informations pour comprendre l'utilisation de l'électricité comme mode de transfert de l'énergie. – Faire preuve d'esprit critique : discuter des avantages et des inconvénients de l'exploitation d'une ressource énergétique, y compris en termes d'empreinte environnementale.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est d'expliquer le principe de fonctionnement de quelques systèmes techniques qui permettent de stocker l'énergie électrique après l'avoir transformée en une autre forme d'énergie (chimique, potentielle, électrostatique...).

L'exemple assez classique des piles électrochimiques (basées sur des réactions d'oxydo-réduction) est d'abord présenté, puis d'autres procédés de stockage, moins connus, sont mentionnés.

Le **document 1** détaille le principe d'une pile au lithium. L'origine du courant électrique généré est due à une circulation d'électrons dans le fil extérieur et d'ions dans la solution électrolytique. Les performances des piles au lithium sont comparées à celles des batteries au plomb.

Le **document 2** permet de présenter la réaction chimique utilisée dans la pile à combustible, celle-ci étant en voie de développement dans le secteur automobile.

Dans le manuel numérique Bordas, une vidéo complète cette étude en détaillant le fonctionnement d'une maquette didactique dans laquelle le dihydrogène est produit par une électrolyse de l'eau grâce à un panneau solaire.

Le **document 3** montre comment une centrale hydraulique peut permettre, en plus de la production d'électricité, le stockage d'eau en hauteur en vue de son utilisation ultérieure lors des pics de consommation.

Le **document 4** présente une nouvelle technologie dans le domaine du stockage de l'électricité : le supercondensateur. L'énergie électrostatique stockée peut être délivrée pendant un temps très court, d'où une puissance délivrée importante en utilisant la relation entre l'énergie et la puissance. Un tel dispositif ne peut subvenir aux besoins énergétiques complets d'un véhicule mais peut servir d'appoint lorsque la demande de puissance, sur un temps faible, est importante.

2. Les pistes d'exploitation

1. 1 kg de pétrole « stocke » une énergie de 12 000 Wh, alors qu'1 kg de pile au lithium stocke 160 Wh, donc il faut $(12\ 000/160) = 75$ piles.

Il faut 75 piles au lithium pour stocker autant d'énergie qu'1 kg de pétrole, ce qui est considérable.

2. Le dihydrogène est très explosif en milieu confiné. De plus, la molécule étant très petite, celle-ci a tendance à traverser la plupart des matériaux, ce qui pose de nombreux problèmes d'étanchéité.

3. Lors d'une phase de turbinage, l'énergie mécanique de l'eau (d'abord sous forme potentielle, puis sous forme cinétique) est convertie en énergie électrique.

Lors d'une phase en mode « pompage », les turbines sont alimentées électriquement pour permettre de remonter l'eau vers la retenue de Grand'Maison ; il y a alors conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique (potentielle en l'occurrence).

4. L'autonomie des batteries n'est pas encore suffisante compte tenu des contraintes d'encombrement qu'il faut respecter.

3. Ressources complémentaires

■ **Matériel :**

Malette didactique pile à combustible :

<http://www.camif-collectivites.fr/technologie/materiel-d-enseignement/energetique/l-ensemble-pile-a-combustible-juniorset.html>

■ **Manuel numérique Bordas :**

Vidéo « La pile à combustible »

(Description du fonctionnement de l'ensemble électrolyseur – pile à combustible).

Activités pratiques

3

L'empreinte environnementale (p. 222-223)

Connaissances	Capacités et attitudes
<ul style="list-style-type: none">– Sous-produits de l'industrie nucléaire.– Décroissance radioactive.– Effet de serre.	<ul style="list-style-type: none">– Rechercher et exploiter des informations pour comprendre la problématique de la gestion des déchets radioactifs.– Analyser une courbe de décroissance radioactive.– Faire preuve d'esprit critique : discuter des avantages et des inconvénients de l'exploitation d'une ressource énergétique, y compris en termes d'empreinte environnementale.

1. Les intentions pédagogiques

L'objectif est de sensibiliser sur l'impact de l'exploitation des ressources énergétiques citées dans les chapitres précédents.

Le **document 1** rappelle l'origine de l'effet de serre étudié en classe de Seconde. Une expérience simple est décrite pour permettre de le mettre en évidence.

Le **document 2** liste les proportions de gaz à effet de serre émis par les activités

humaines pour permettre la comparaison de celles-ci. Les centrales énergétiques (en particulier au charbon) sont en tête des émissions de gaz à effet de serre.

Les technologies de captation-séquestration du CO_2 pourraient être un moyen important pour réduire les émissions de CO_2 .

Le **document 3** donne les principaux rayonnements émis par les déchets radioactifs et leur durée de vie dans l'organisme. Les rayonnements γ sont les plus pénétrants.

Le **document 4** permet l'analyse d'une courbe de décroissance radioactive et de définir la période radioactive d'un noyau. Différentes courbes de ce type pourront permettre de comparer les activités de divers déchets radioactifs.

Le **document 5** présente, selon la durée de vie des déchets, comment ceux-ci peuvent être traités et stockés.

2. Les pistes d'exploitation

1. La vitre joue le même rôle que l'atmosphère en renvoyant les rayonnements infrarouge vers l'intérieur du récipient, ce qui a pour effet d'augmenter la température. On constate que la montée en température du bac fermé par la vitre est plus importante.
2. Le gaz mis en cause est le dioxyde de carbone (CO_2), il est principalement produit par les centrales énergétiques à flamme.
3. La production de ciment a engendré la plus forte hausse d'émission de CO_2 .
4. En cas d'accident grave, certaines installations nucléaires sont susceptibles de rejeter dans l'atmosphère de l'iode radioactif. La glande thyroïde concentrant cet élément, l'inhalation ou l'ingestion de l'iode radioactif peut ainsi accroître le risque de cancer de cet organe, en particulier chez les enfants. La prise d'iode stable (iode naturel non radioactif), en saturant cette glande, constitue ainsi un moyen de prévention efficace pour protéger la santé des populations exposées.

3. Ressources complémentaires

- **Matériel :**
Thermomètres avec sorties analogiques, système d'acquisition.
- **Site : Les rayons X et les rayonnements radioactifs :**
<http://seaus.free.fr/spip.php?article228>
- **Manuel numérique Bordas :**
Fiche documentaire « La pile de Volta : une histoire de grenouilles ? »

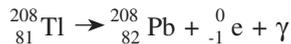
La correction des exercices 1 à 4 figure dans le manuel de l'élève p. 233.

5 Moyens de transport et émissions de CO₂

1. L'avion et la voiture émettent le plus de gaz à effet de serre.
2. Le rejet de CO₂ provient essentiellement de la réaction chimique de combustion du carburant qui produit du dioxyde de carbone.
3. Le tramway, le bateau et le train sont à privilégier.
4. Lors du fonctionnement, une centrale nucléaire ne rejette pas de CO₂ (il y a par contre émission lors de sa construction). En effet, une centrale nucléaire n'est le siège d'aucune réaction de combustion.
Ceci explique que les trains, alimentés électriquement à partir des centrales nucléaires, émettent assez peu de CO₂ par passager et par kilomètre.

6 Désintégration radioactive du thallium

1. On vérifie la conservation du nombre de masse et du numéro atomique à gauche et à droite de la flèche de la réaction nucléaire :



Ainsi le symbole du noyau de plomb est ${}_{82}^{208}\text{Pb}$;
il possède 82 protons et 126 neutrons.

2. $T = 183$ s. Le thallium fait partie des déchets à vie courte.
3. Il peut être compacté dans des fûts en acier ou en béton.
4. Au bout d'une période, il ne reste que la moitié des noyaux de thallium, donc au bout de $2T$ (soit 366 s), il ne restera plus qu'un quart des noyaux de thallium initiaux.
5. Les radioactivités α et β correspondent à l'émission de particules (noyaux d'hélium et électrons respectivement), alors que la radioactivité γ correspond à l'émission d'un rayonnement électromagnétique.
6. La profondeur de pénétration des particules β est plus importante que celle des particules α .

7 Le réchauffement climatique

1. Le CO₂ est un gaz favorisant l'effet de serre, ainsi il contribue au réchauffement climatique.
2. Le CO₂ est majoritairement produit à partir des centrales thermiques, en particulier celles qui utilisent le charbon comme combustible.
3. La température moyenne sur la Terre est actuellement de + 15°C.
Dans le pire des scénarios, elle atteindrait $15 + 6,4 = 21,4$ °C.
4. Une carotte de glace est un échantillon prélevé par forage au sein des calottes glaciaires de l'Antarctique ou de tout autre glacier, dont la formation résulte de

l'accumulation et du tassement de couches de neige successives, année après année (les couches les plus profondes étant les plus anciennes).

5. Ces carottes sont une mémoire du passé en ce sens qu'elles renferment des impuretés (particulaires, gazeuses...) qui en font, après analyse, d'excellents enregistrements d'un point de vue variations climatiques, volcanisme, activité solaire.

Les informations fournies par les analyses du projet EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) ont mis en évidence les variabilités climatiques depuis 740 000 ans.

6. Les précipitations résultent de l'évaporation de l'eau des océans ; avec le réchauffement climatique et la fonte des glaciers, la quantité d'eau présente dans les océans va augmenter, donc on peut penser que les précipitations également.