

Chapitre 1. L'œil, du réel au modèle

Manuel pages 11 à 18

Objectifs généraux

L'œil est le capteur sensoriel de la perception visuelle. Organe du système nerveux, de nature biologique, la structure et les caractéristiques de ses divers constituants sont à mettre en rapport avec des phénomènes et des modèles physiques qui le définissent comme un appareil optique.

Choix pédagogiques

Afin de montrer clairement qu'il existe des domaines où les SPC et les SVT sont complémentaires et indissociables, le choix a été fait de construire un premier chapitre associant les deux matières. L'objectif essentiel est de montrer que les deux approches permettent de construire un modèle intégré commun.

Comme le préconise le programme, la progression choisie repose sur une approche initiale épistémologique et expérimentale permettant d'aboutir à un premier modèle simple de l'œil. Ce modèle sera ensuite utilisé dans les chapitres suivants.



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Neurophysiologie, Organisation et fonctionnement du système nerveux, D. Richard, D. Orsal, 3^e édition, 2007, Éditions Dunod.

Biologie, Raven & co, 7^e édition, 2007, De Boeck.

Articles et publications

L'œil et le cerveau, SCIENCES & VIE JUNIOR, Dossier hors série n° 51, janvier 2003.

L'œil et la vision, SCIENCES & VIE, Numéro Hors Série n° 216, septembre 2001.

Sites internet

<http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/>

<http://www.snv.jussieu.fr/vie/documents/oeil/index.htm>

Modélisation de l'œil

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/oeil.html>

Expériences sur la vision

http://www.musees-des-techniques.org/UploadFile/GED/Ressources/Ficheenseignant/AVYC-FICHE_ENSEIGNANT_1.pdf

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Vision et conditions de visibilité

Commentaire. L'objectif de cette double page est de montrer l'évolution dans la compréhension d'un phénomène physique et physiologique ; elle montre que la connaissance scientifique est faite de détours et parfois d'impasses, et qu'elle évolue perpétuellement.

Doc. 1 Petite histoire de la vision (I)

Commentaire. Cette première activité documentaire, plus orientée vers les sciences physiques, montre à l'élève que la vision est l'un des plus vieux phénomènes que l'homme a tenté de modéliser.

Réponses aux questions

1. Comprendre

Les théories de l'intromission et de l'émission divisèrent les scientifiques pendant des siècles : l'œil reçoit-il un signal de l'extérieur ou émet-il un signal vers l'extérieur ?

2. Lire

C'est au XI^e siècle que la réponse actuelle est apportée : la théorie de l'intromission, admise aujourd'hui, est la mieux comprise par Ibn al-Haytam.

3. Modéliser

Le schéma 3a correspond à la conception actuelle.

Doc. 2. Petite histoire de la vision (II)

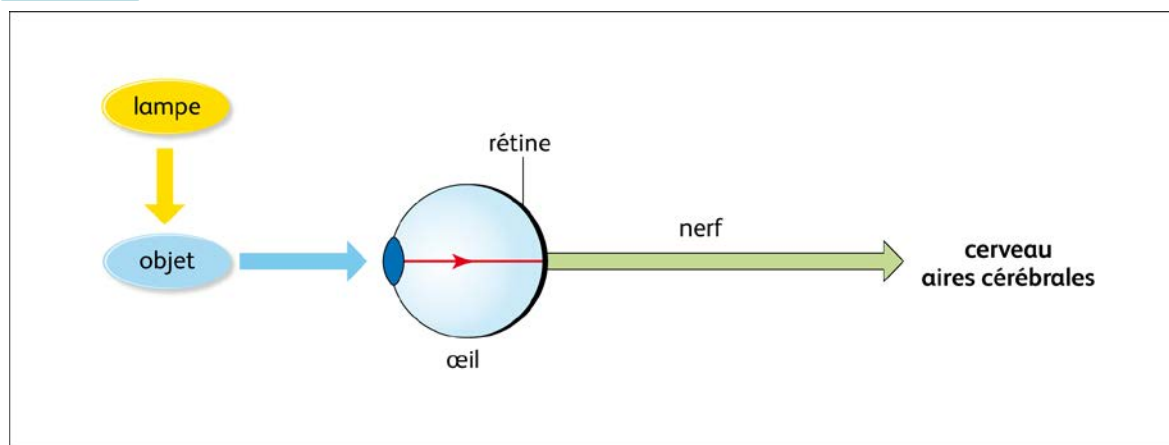
Réponses aux questions

4. Lire

D'après les documents, les organes qui interviennent dans la vision sont :

- l'œil, et plus particulièrement la rétine, qui est la structure réceptrice et sensible à la lumière. La rétine convertit la stimulation lumineuse en signal électrique ;
- le cerveau, et plus spécifiquement certaines aires qui réalisent le traitement de l'information nerveuse en provenance de l'œil.

BILAN Schématiser



2. Œil réel, œil réduit

Doc. 1 Organisation de l'œil des vertébrés

Réponses aux questions

1. Observer

Lors de la dissection, on constate que l'œil est constitué d'une enveloppe délimitant une cavité, à l'intérieur de laquelle se trouve un liquide gélatineux : l'humeur vitrée.

L'enveloppe de l'œil est composée de plusieurs couches : la sclérotique (blanche), la choroïde (noire), et la rétine (rose). Au niveau de la pupille, la sclérotique est remplacée par la cornée, la choroïde par l'iris. Le cristallin se présente sous forme d'une petite structure sphérique dure et transparente.

2. Interpréter

Les structures traversées par la lumière sont : la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin, l'humeur vitrée. Ces quatre structures sont incolores et parfaitement transparentes.

Doc. 2 L'œil, une structure multicouche

Réponses aux questions

3. Observer

La sclérotique, couche épaisse et blanche (rose vif ici à cause de la coloration), constitue l'enveloppe externe de l'œil. Non vascularisée, elle donne une certaine résistance à cet organe. À l'avant, la sclérotique devient transparente et constitue la cornée.

La choroïde, pigmentée (noire en coupe), est richement vascularisée, elle assure la nutrition des cellules de l'œil. À l'avant elle se prolonge par l'iris.

La rétine, couche interne de l'œil, rose pâle, s'interrompt au niveau de la pupille.

4. Analyser

D'après l'observation de la coupe, la rétine semble être la couche de l'œil en continuité avec le nerf optique.

Doc. 3 Le modèle de l'œil réduit

Réponses aux questions

5. Décrire

La cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée sont les milieux transparents traversés par les rayons de lumière.

6. Expliquer

L'image d'un objet vu nettement se forme sur la rétine.

7. Représenter

1 : l'iris.

2 : le cristallin.

3 : la rétine.

8. Lire

d est une constante.

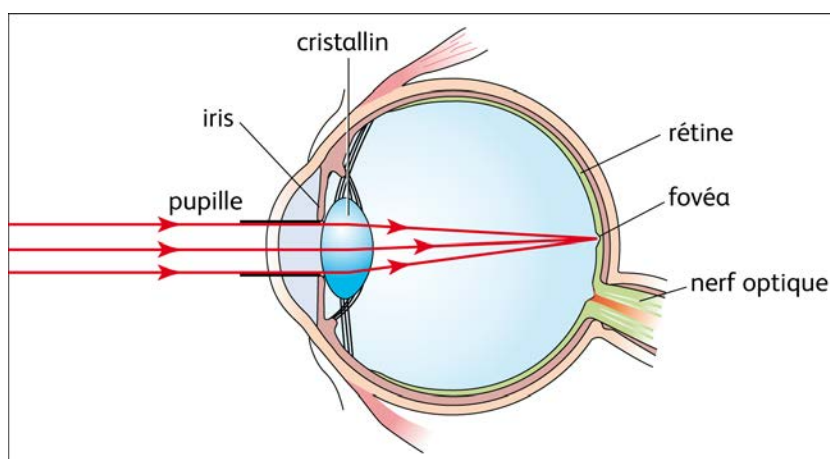
9. Synthétiser

Œil	Modèle de l'œil réduit	Propriétés optiques
Cristallin	Lentille	Réalise la formation de l'image d'un objet observé sur la rétine
Rétine	Écran	Diffuse la lumière de l'image
Iris	Diaphragme	Limite la quantité de lumière traversant la lentille

10. Créer

Le schéma contient successivement une lampe, un carton troué modélisant l'objet, un diaphragme, une lentille convergente et un écran de projection.

BILAN Schématiser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Le cristallin

Doc. 1 Le cristallin, un exemple de lentille

Réponses aux questions

1. Observer

Les caractères placés sous le cristallin paraissent plus gros.

2. Observer

Les surfaces du cristallin et des lentilles sont convexes.

3. Observer

Les variations de bombement du cristallin modifient l'effet grossissant.

Doc. 2 Découvrir l'accommodation

Réponses aux questions

4. Observer

a. Pour l'objet lointain, la vision est nette dès l'ouverture ; pour l'objet proche, il faut quelques instants pour voir nettement l'objet.

b. En rapprochant l'objet et en le fixant longtemps, on sent une fatigue dans l'œil.

Correction des exercices

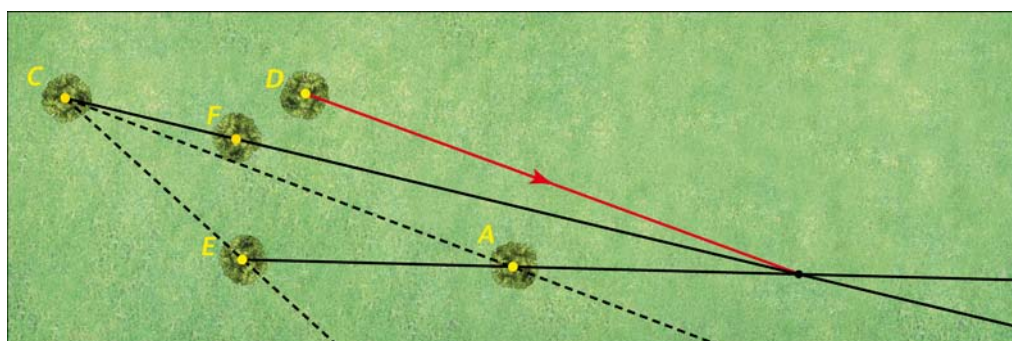
2. Exercer son esprit critique

Cette explication va à l'encontre du modèle d'intromission dans le phénomène de la vision : l'œil perçoit un signal lumineux venant de l'extérieur. Dans le noir absolu, les chats ne voient pas.

3. Conditions de visibilité

a. La spectatrice voit la chanteuse sur scène car cette dernière est éclairée et il n'y a pas d'obstacle opaque entre elle et la chanteuse. La lumière provient du projecteur ; elle est ensuite diffusée par la chanteuse.

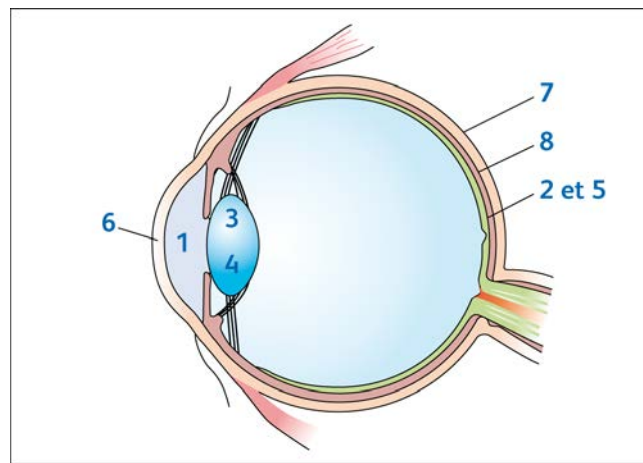
b.



© Nathan 2011. Laurent Blondel.

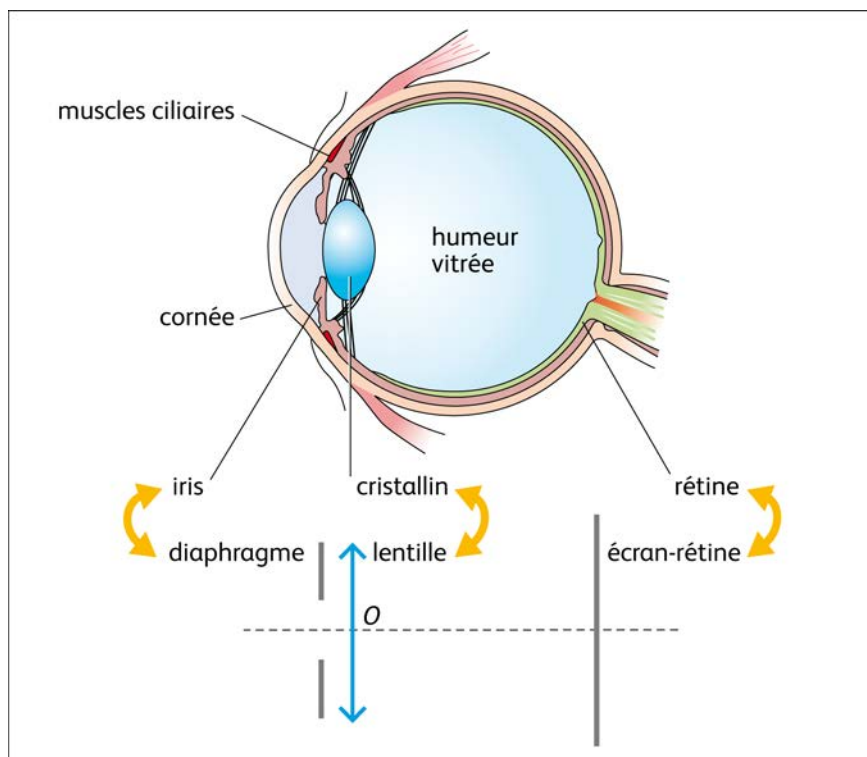
Je suis sur la droite (AE), à droite du point A car A me cache E.
Comme je ne vois pas C, je suis sur une des droites (CE), (CA), (CF) ou (CD).
Je suis donc à l'intersection de l'une de ces droites avec (AE).
(CE) coupe (AE) en E et (CA) coupe (AE) en A ; donc je ne peux pas être l'un de ces points d'intersection.
(CD) et (AE) sont parallèles.
Je ne peux être qu'à l'intersection de (CF) et (AE). On vérifie qu'en ce point, je vois bien D.
Je suis donc à l'intersection de (CF) et (AE).

4. Des pathologies liées à la vision



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

5. L'œil des vertébrés



©Nathan 2011. Laurent Blondel.



6. Fatigue visuelle

1. Le phénomène d'accommodation intervient dans la vision de près.
2. Les muscles ciliaires modifient le bombement du cristallin permettant ainsi l'accommodation.
3. Il est préférable de traiter une fatigue oculaire par de la rééducation afin d'éviter l'aggravation du phénomène et l'atrophie des muscles ciliaires.

Chapitre 2. Les mécanismes optiques de l'œil

Manuel pages 19 à 34

Choix pédagogiques

Les conditions de visibilité d'un objet étant posées et la présentation de l'œil réalisée, il s'agit d'étudier maintenant les mécanismes optiques de fonctionnement de l'œil. Nous avons choisi de débiter ce chapitre par l'étude des lentilles. Les connaissances acquises permettront de comprendre, dans les activités suivantes, le fonctionnement du système optique que constitue l'ensemble des milieux transparents de l'œil, le principe de l'accommodation, les défauts de l'œil (presbytie, myopie et hypermétropie) ainsi que leur correction (utilisation de lentilles correctrices ou chirurgie réfractive).



Liens vers des sites intéressants

Histoire des lunettes

http://www.drklaas.de/French/Brille_u_linsen/1-frameset.html

<http://www.opticien-lentilles.com/histoire/histoire1.html>

Dossier sur les défauts de vision

<http://www.lissac.fr/correction-vision/troubles-vision.php>

Dossier sur la chirurgie réfractive

<http://www.lissac.fr/correction-vision/chirurgie-refractive-dossier-thematique-intro.php>

Verres et lentilles de correction

Site canadien de la santé : <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/med/lenses-lentilles-fra.php>

La presbytie et sa correction

<http://www.ophtalmologiste.be/2009012014/Refraction/Presbytie/explications-presbytie.html>

Fabrication des lentilles de contact (film d'environ 5 minutes)

http://www.bienvoie.com/Xdossiers/dossiers.php?val=28_fabrication+des+lentilles+contact

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Deux types de lentilles minces

Doc. 1 Comment trier les lentilles ?

Commentaire. Si les lentilles convergentes ont été étudiées dans les classes antérieures (programme de quatrième), l'objectif de cette première activité est de découvrir ou redécouvrir l'existence de deux catégories de lentilles et d'apprendre à distinguer les lentilles de chaque catégorie aisément grâce au toucher ou grâce à l'observation de l'image donnée par la lentille d'un objet proche. Ces deux méthodes sont suffisantes.

Afin de conserver une approche simple, nous avons ainsi fait le choix, par exemple, de ne pas aborder la méthode des lunetiers, associée à l'observation du déplacement de l'image d'objets lointains lorsque l'on déplace la lentille. Son résultat est en effet plus difficile à retenir et à justifier. De même, nous avons décidé de ne pas préciser le signe « + » de la distance focale d'une lentille convergente mais de le faire en revanche systématiquement pour la vergence (comme c'est le cas en ophtalmologie), cette indication permettant de connaître la catégorie aisément.

Réponses aux questions

1. Analyser

- Les lentilles de la catégorie A sont à bords minces (et bombées au centre). Elles forment d'un objet proche (un texte par exemple) une image, observable à travers la lentille, plus grosse que l'objet (effet loupe).
- Les lentilles de la catégorie B sont à bords épais (et minces au centre). Elles forment d'un objet proche (un texte par exemple) une image, observable à travers la lentille, moins grosse que l'objet.

Doc. 2 Effet sur un faisceau de rayons de lumière parallèles

Commentaire. Le principe de propagation rectiligne de la lumière étant considéré comme un acquis (voir « *Parcourir ses acquis* », page 8) repris dans le chapitre précédent, le phénomène de réfraction peut être rappelé pour introduire le fait qu'un rayon de lumière traversant une lentille est, sauf cas particulier, dévié à la traversée de chacune de ses deux faces. Cette activité permet de mettre en évidence le comportement propre à chaque catégorie de lentille.

Réponses aux questions

2. Décrire

Une lentille de la catégorie A a un effet convergent : les rayons parallèles de lumière constituant le faisceau incident émergent de la lentille en se rapprochant de son axe optique.

Une lentille de la catégorie B a un effet divergent : les rayons parallèles de lumière constituant le faisceau incident émergent de la lentille en s'éloignant de son axe optique.

3. Décrire

Du fait de ces effets :

- une lentille de la catégorie A est appelée lentille mince *convergente* ;
- une lentille de la catégorie B est appelée lentille mince *divergente*.

Doc. 3 Éléments caractéristiques d'une lentille mince convergente

Réponses aux questions

4. Analyser

- Un rayon incident qui pénètre dans une lentille convergente en étant parallèle à l'axe optique de celle-ci, émerge en passant par un point particulier de l'axe optique. Ce point est appelé foyer image et noté F' .
- Un rayon incident qui pénètre dans une lentille mince convergente en passant par son centre optique, noté O , émerge de celle-ci sans être dévié.
- Un rayon incident qui pénètre dans une lentille mince convergente en passant par son foyer objet F , émerge de celle-ci en étant parallèle à son axe optique.

5. Déduire

La deuxième lentille semble la plus bombée. L'épaisseur au centre de chaque lentille paraît identique, mais les bords de la deuxième lentille (photographie d) sont visiblement plus minces que ceux de la première (photographie a).

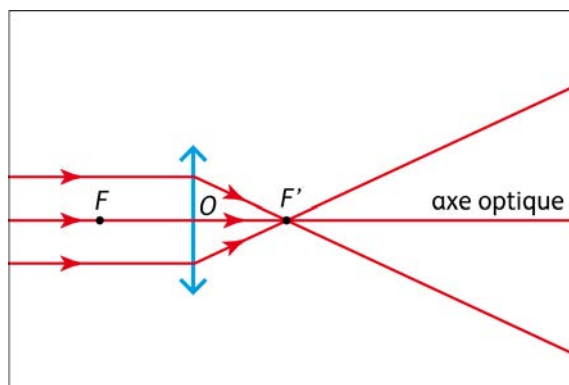
La vergence étant égale à l'inverse de la distance focale, une lentille convergente de plus grande vergence a une distance focale plus faible. Pour la deuxième lentille, le point F' est plus proche de O que pour la première lentille, sa distance focale est donc plus petite, sa vergence est donc plus grande que celle de la première lentille utilisée.

6. Calculer

$$f'_1 = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{+8,00} = +0,125 \text{ m} = +12,5 \text{ cm.}$$

$$C_2 = \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{+(5,0 \times 10^{-2})} = \frac{1}{+0,050} = +20 \delta.$$

BILAN Schématiser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

2. Image donnée par une lentille mince convergente

Commentaire. Les notions relatives à l'objet et à son image sont introduites par une série de manipulations utilisant un banc d'optique. La construction graphique vient compléter l'étude de la formation des images données par une lentille mince convergente.

Doc. 1 Recherche d'une image sur banc d'optique

Commentaire. Les trois situations qui sont exploitées permettent :

- de rechercher l'image d'un objet sur un écran ou d'observer une image à travers une lentille ;
- de comparer la taille et le sens de l'image par rapport à l'objet ;
- de mesurer une distance sur le banc pour préciser la position d'une image réelle.

Les élèves consignent les observations essentielles dans un tableau qui leur permet de comparer les résultats obtenus sur banc d'optique à ceux issus de la construction graphique ultérieure.

Réponses aux questions

1. Décrire

Cas	Distance objet-lentille	L'image est-elle observable sur un écran ?	Distance lentille-image	Taille de l'image par rapport à l'objet	Sens de l'image par rapport à l'objet
n° 1	20 cm	<i>Oui</i>	<i>Exemple de valeur 33,2 cm</i>	<i>Plus grande</i>	<i>Renversée</i>
n° 2	32,5 cm	<i>Oui</i>	<i>Exemple de valeur 20,1 cm</i>	<i>Plus petite</i>	<i>Renversée</i>
n° 3	7,5 cm	<i>Non</i>	X	<i>Plus grande</i>	<i>Droite</i>

Doc. 2 Recherche graphique des caractéristiques d'une image

Commentaires.

- Il s'agit de faire vérifier que, connaissant les éléments caractéristiques d'une lentille ainsi que la position, la taille et le sens de l'objet, il est possible de déterminer de la position, la taille et le sens de l'image par construction graphique.

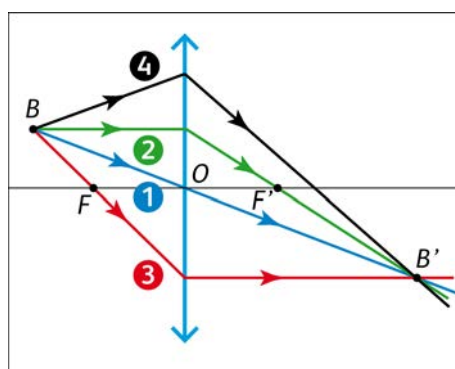
Le principe de cette construction est expliqué au préalable. Un document (voir annexe) présente les graphiques correspondant à chacune des situations abordées sur le banc d'optique. Ce document peut être distribué aux élèves afin d'être complété par leurs soins, ce qui permet de traiter l'essentiel dans le temps imparti de la séance.

- Dans les schémas de la feuille fournie en annexe, les foyers F et F' ne sont pas représentés. Les élèves sont ainsi amenés à rechercher et/ou comprendre leur position en prenant en compte que $OF = OF'$ et $f = +12,5$ cm en réalité mais 2,5 cm papier.

Réponses aux questions

2. Comprendre

Un rayon incident ④ issu de B émerge de la lentille en passant par B' : tous les rayons issus de B qui traversent la lentille passent par l'image B' .



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Analyser

Les résultats obtenus par construction sont bien compatibles avec ceux obtenus par mesure sur le banc.

Cas	Distance objet-lentille	L'image est-elle observable sur un écran ?	Distance lentille-image	Taille de l'image par rapport à l'objet	Sens de l'image par rapport à l'objet
n° 1	20 cm	Oui *	6,7 cm sur le papier soit $6,7 \times 5 = 33,5$ cm en réalité	Plus grande $A'B' > AB$	Renversée B est au-dessus de l'axe optique, B' en dessous
n° 2	32,5 cm	Oui *	4,1 cm sur le papier soit $4,1 \times 5 = 20,5$ cm en réalité	Plus petite $A'B' < AB$	Renversée
n° 3	7,5 cm	Non **	X	Plus grande $A'B' > AB$	Droite B est au-dessus de l'axe optique, B' aussi.

Commentaires.

* Tout point de l'image, comme B' , est l'intersection de rayons de lumière réels qui peuvent être diffusés par un écran. Une telle image dite réelle est visible sur un écran.

** Tout point de l'image, comme B' , est l'intersection des prolongements des rayons. Les rayons issus de B émergent de la lentille dans la direction de B' . Pour un observateur qui regarde à travers la lentille, tout se passe comme si les rayons provenaient en ligne droite de B' (et non de B). L'observateur perçoit B' et non B .

$A'B'$ est une image dite virtuelle. Située avant la lentille et intersection de prolongements de rayons (et pas de rayons réels), l'image $A'B'$ n'est pas visible sur un écran mais elle est visible en regardant à travers la lentille.

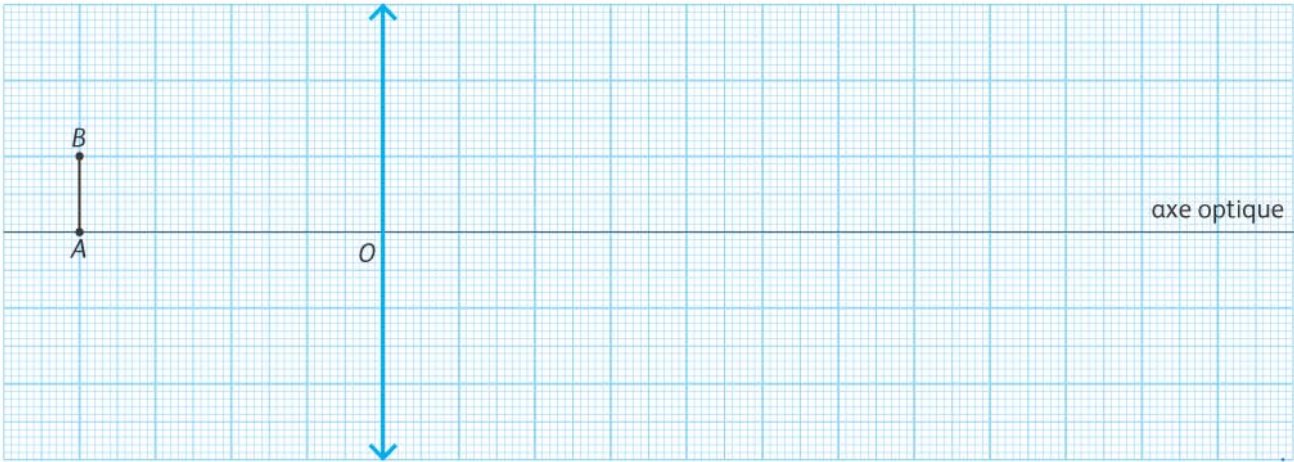
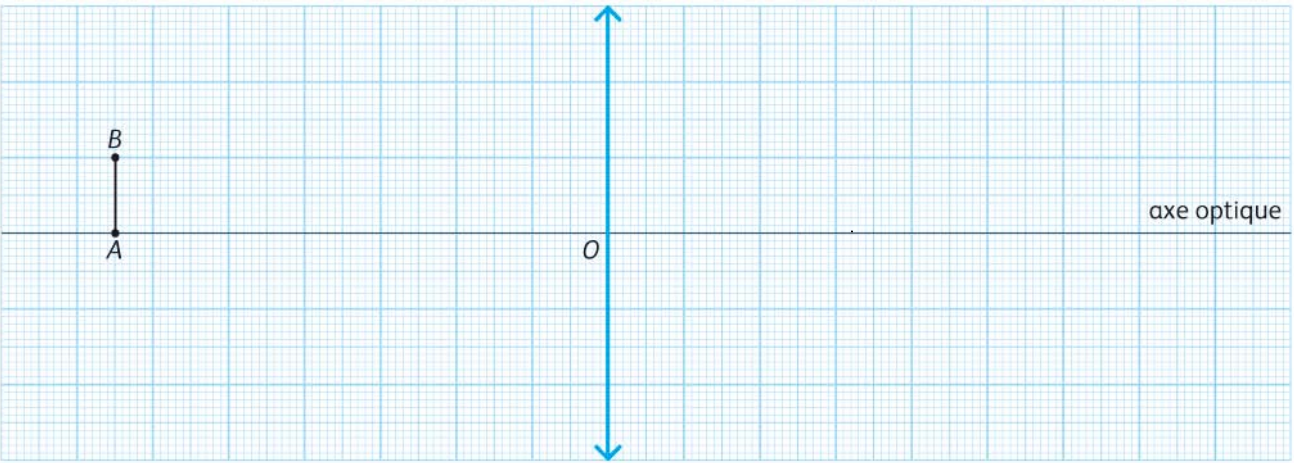
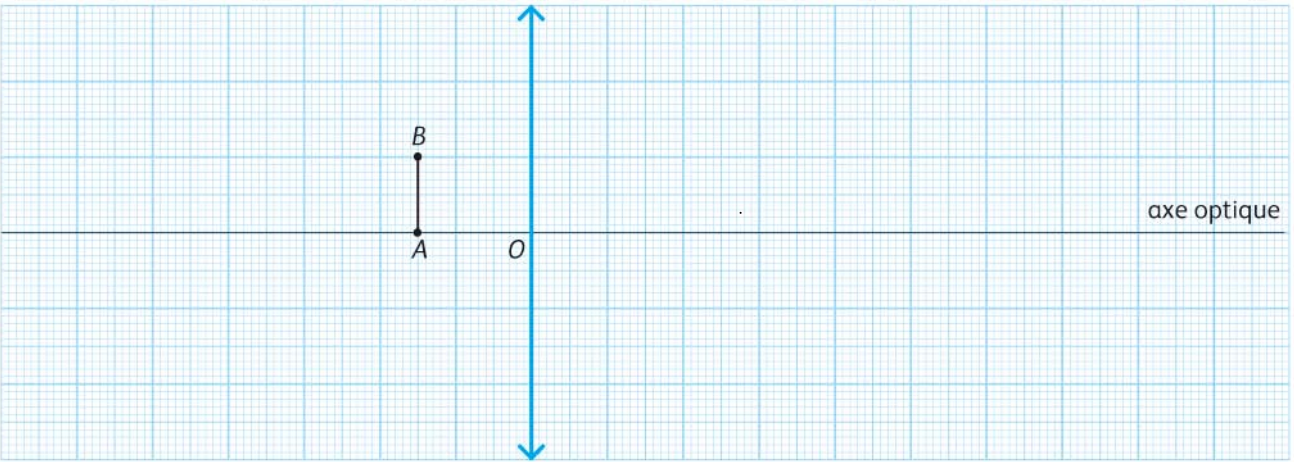
BILAN Rédiger

Pour déterminer la position de l'image B' d'un point objet B , on trace, si possible, trois rayons provenant de B traversant la lentille :

- celui qui passe par le centre O de la lentille. Ce rayon ressort sans être dévié ;
- celui qui est parallèle à l'axe optique de la lentille. Ce rayon ressort en passant par le foyer image F' de la lentille ;
- celui qui la direction du foyer objet F de la lentille. Ce rayon ressort en étant parallèle à l'axe optique de la lentille.

L'intersection des trois rayons émergents (ou de leurs prolongements) est le point image B' .

ANNEXE Doc. 2 Recherche graphique des caractéristiques d'une image
Document à compléter

Cas	Schémas à l'échelle horizontale 1 cm sur le papier pour 5 cm en réalité
n° 1	
n° 2	
n° 3	

CORRECTION ANNEXE Doc. 2 Recherche graphique des caractéristiques d'une image
Document complété

Cas	Schémas à l'échelle horizontale 1 cm sur le papier pour 5 cm en réalité
n° 1	
n° 2	
n° 3	



3. L'œil emmétrope et son vieillissement

Commentaire. Les élèves ont approché le phénomène de l'accommodation au cours du chapitre précédent. Pour faire l'étude physique de ce phénomène, nous avons choisi de faire travailler les élèves dans un premier temps sur des simulations, puis avec une maquette de l'œil. En effet, dans ces deux activités, contrairement à l'expérience sur le banc d'optique, la mise au point se fait en modifiant directement la vergence de la lentille (comme pour la modification de la vergence du cristallin de l'œil) et non en accolant plusieurs lentilles. Par ailleurs, avec ces deux manipulations, la variation de la vergence peut être ajustée de façon continue, comme cela se produit pour un œil emmétrope, ce qui permet de réaliser l'accommodation quelle que soit la position de l'objet.

Ainsi, les élèves peuvent faire le lien plus directement entre le fonctionnement optique de l'œil réel et celui du modèle de l'œil réduit (simulation ou maquette).

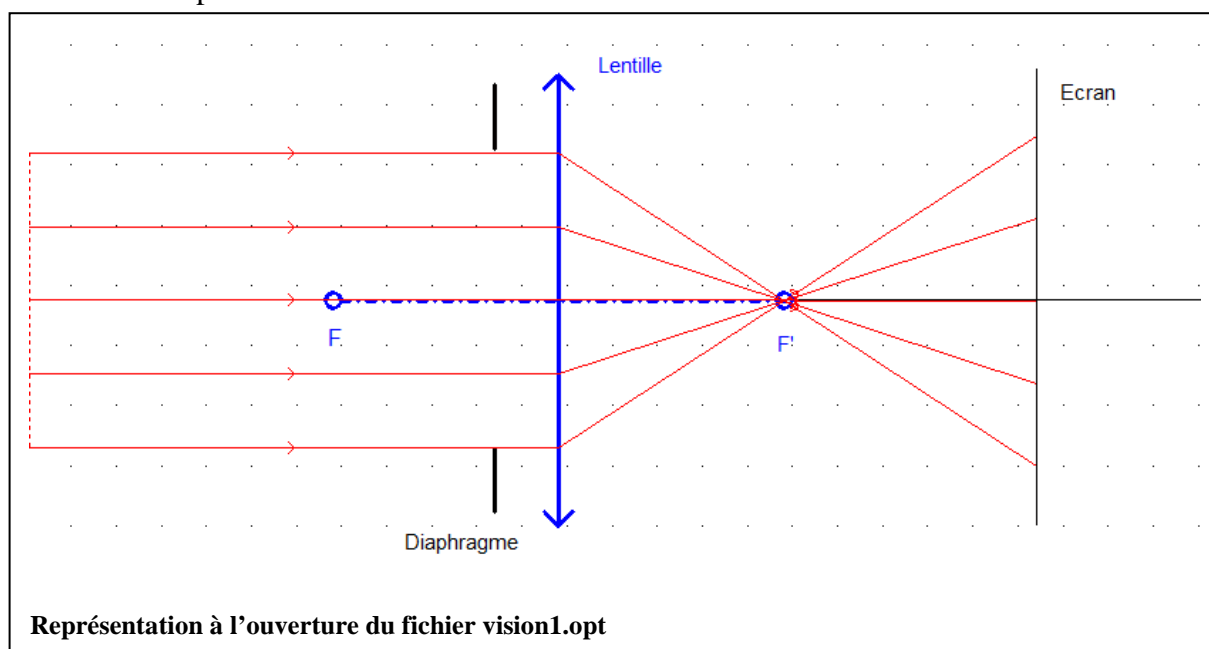
Doc.1 Simuler l'accommodation

Commentaire. La simulation utilise le logiciel Optgeo. Nous avons choisi de donner aux élèves deux fichiers distincts : l'un pour la vision de loin, l'autre pour la vision de près. Dans ces deux fichiers, la lentille du modèle et le faisceau lumineux provenant de l'objet sont déjà créés, afin que les élèves se concentrent sur les propriétés de l'œil modélisé. Les consignes pour déplacer l'écran, l'objet proche et/ou modifier la distance focale de la lentille sont fournies dans un fichier Word associé (voir indication sur l'écran).

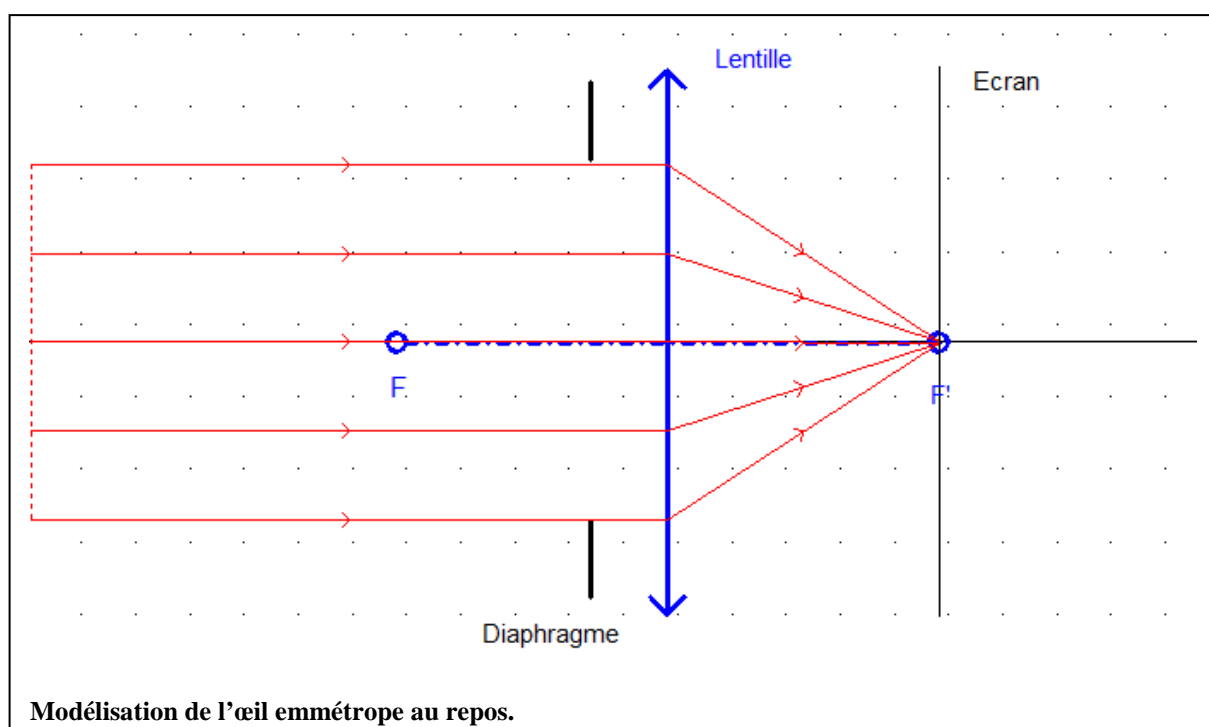
Réaliser

A. Vision d'un objet très éloigné

À l'ouverture du fichier vision1.opt, le faisceau provenant de l'infini est représenté. On observe qu'il converge au foyer image F' de la lentille mais l'image ne se forme pas sur l'écran. Les élèves doivent donc déplacer ce dernier pour que l'image se forme sur l'écran qui modélise alors la rétine. Ils obtiennent alors la représentation ci-dessous. Ils doivent ensuite décrire et interpréter la simulation.



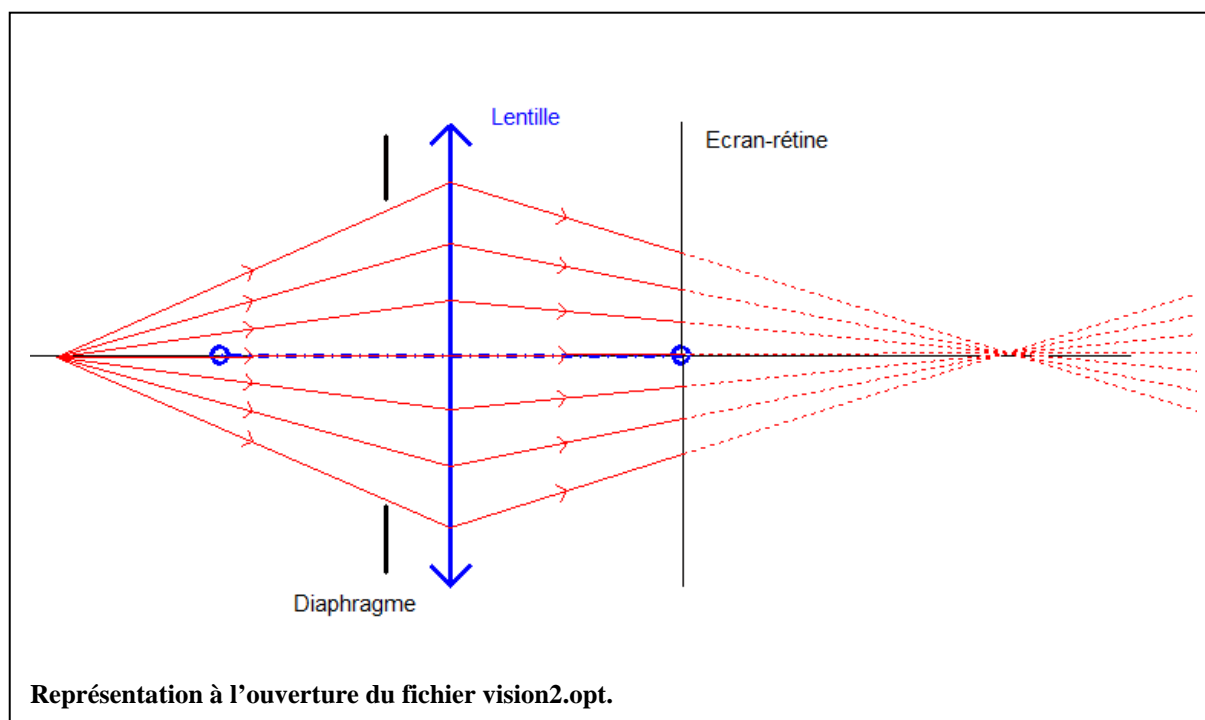
Cette première manipulation permet d'introduire le concept de « l'œil au repos » et de prendre en compte dans le modèle de l'œil réduit les dimensions invariables de l'œil réel.



B. Vision d'un objet proche

Le fichier vision2.opt se présente à l'ouverture comme sur la capture d'écran ci-dessous. Après avoir observé la position de l'image, les élèves doivent déplacer la source S sur l'axe en utilisant la fonction « Déplacer » puis en sélectionnant la source S parmi les différents éléments.

Enfin pour simuler l'accommodation, ils doivent à nouveau utiliser la fonction « Déplacer » pour ajuster la distance focale de la lentille.



Réponses aux questions

1. Décrire

L'image se forme au foyer image F' de la lentille. On retrouve ainsi les résultats établis lors des activités précédentes sur les lentilles.

2. Interpréter

Le foyer image de la lentille dans le modèle de l'œil réduit se trouve sur l'écran qui modélise la rétine (appelé ensuite écran-rétine) lorsque la source est très éloignée.

3. Observer

Au début, l'image de la source S est un point situé sur l'axe optique derrière l'écran-rétine. Lorsque l'on éloigne l'objet de la lentille, son image se rapproche de l'écran-rétine puis s'en éloigne quand on approche la source de la lentille.

Remarque. L'image devenant virtuelle dès que S atteint le foyer objet, l'objet devra rester dans tous les cas à une distance de la lentille supérieure à la distance focale f' .

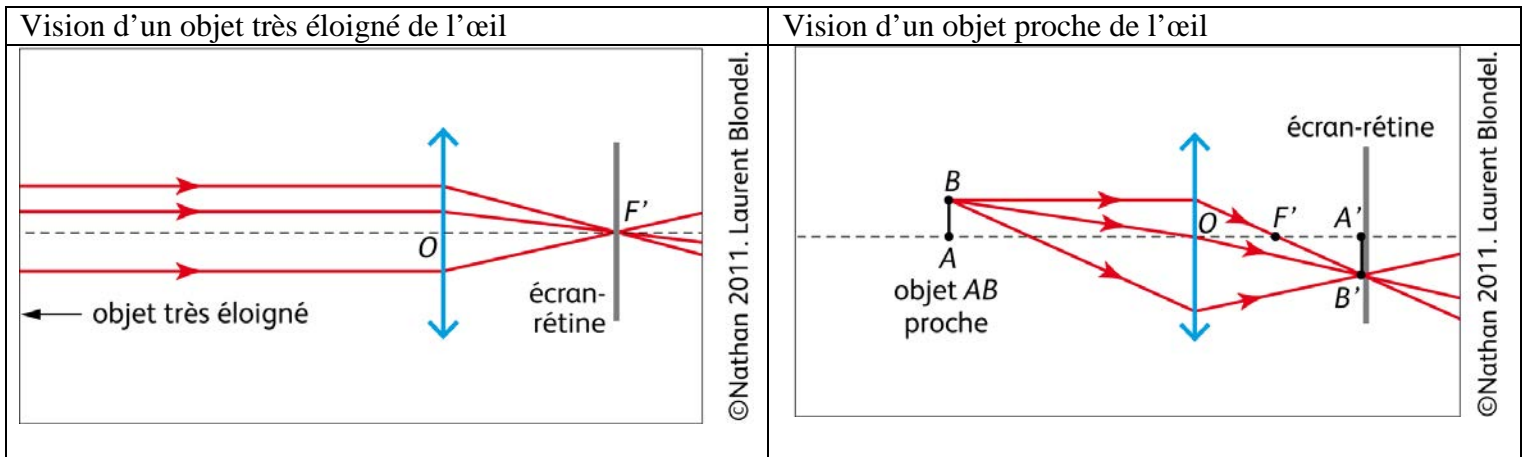
Partant du modèle de l'œil au repos, si l'on augmente la valeur de la distance focale de la lentille, on peut amener l'image de l'objet sur l'écran-rétine.

4. Interpréter

La distance entre la lentille et l'écran-rétine reste fixe : elle représente la profondeur de l'œil réel.

Le phénomène d'accommodation représente la mise au point qu'effectue l'œil pour voir nettement des objets proches. L'accommodation se réalise par la modification de la vergence du cristallin de l'œil.

5. Synthétiser



Doc. 2 Étudier le phénomène de l'accommodation

Commentaire. La maquette de l'œil emmétrope permet de visualiser que la vergence du cristallin augmente quand les faces de la lentille qui le modélise deviennent plus bombées. On retrouve ici des résultats déjà introduits pour les lentilles (*activité 1. Deux types de lentilles minces*). C'est donc par le changement de courbure des faces du cristallin que se fait l'accommodation.

Il peut être intéressant de faire comprendre aux élèves que ce changement de forme du cristallin à des limites physiologiques qui conduisent à l'existence du *punctum proximum*.

Réponses aux questions

6. Décrire

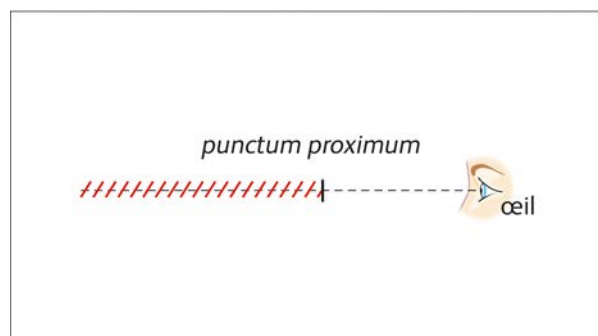
Quand on ajoute de l'eau, la lentille devient plus bombée.

7. Synthétiser

a. Lorsque l'œil accommode en passant d'une vision de loin à une vision de près, la distance focale de la lentille de l'œil modélisé diminue et sa vergence augmente.

b. Ce sont les modifications de courbure du cristallin de l'œil qui réalisent l'accommodation.

c. Représentation



Doc. 3 La presbytie

Réponses aux questions

8. Interpréter

En vieillissant, comme l'œil ne peut plus accommoder suffisamment pour voir nettement les objets proches, il ne peut devenir suffisamment convergent.

Pour corriger ce défaut, un presbyte doit augmenter la convergence de son œil avec un verre convergent pour la vision de près.

BILAN Rédiger

Une personne ayant des yeux emmétropes a une vision nette des objets placés entre le *punctum proximum* (cas où l'œil accommode au maximum) situé à 25 cm de l'œil et le *punctum remotum* (cas où l'œil est au repos) situé à l'infini. Une telle personne peut donc voir nettement des objets situés à 50 cm ou 50 m de ses yeux mais pas à 10 cm.

4. Myopie et hypermétropie

Commentaire. Pour étudier ces deux défauts de l'œil, nous avons choisi de faire travailler les élèves sur un dispositif expérimental avec un banc d'optique, une lentille, un objet lumineux et un écran.

Comme on étudie la vision d'objets lointains aussi bien pour la myopie que l'hypermétropie, le phénomène d'accommodation n'intervient pas : la lentille qui modélise les milieux transparents de l'œil garde donc une même vergence.

Pour réaliser la correction de la myopie ou de l'hypermétropie, on introduit, devant la lentille modélisant les milieux transparents de l'œil, une lentille correctrice : on se rapproche ainsi de l'usage habituel des lunettes de vue ou des lentilles de contact.

Doc 1. La myopie et sa correction

Quand les élèves réalisent le dispositif de l'œil emmétrope, ils retrouvent sous forme expérimentale ce qu'ils ont étudié avec la simulation ou avec la maquette de l'œil lors des activités précédentes.

Ils modifient ensuite le dispositif de l'œil emmétrope pour le transformer en œil myope.

Réponses aux questions

1. Interpréter

- a. Pour un œil myope non corrigé l'image d'un objet lointain se forme devant la rétine. L'œil myope est trop convergent.
- b. Sans correction, un œil myope au repos ne peut pas voir nettement un objet très lointain, puisque son image ne peut se former sur la rétine. Son *punctum remotum* n'est pas à l'infini (il est à 50 cm de la lentille par exemple).
- c. Sur la photographie, la personne lit une carte placée très près de ses yeux, plus près que pour des yeux emmétropes : le *punctum proximum* est plus proche de l'œil myope que de l'œil emmétrlope.
- d. Pour corriger la vision d'un œil myope, on utilise des lentilles divergentes.

2. Conclure

L'ajout d'une lentille ou le recours à la chirurgie doit diminuer la vergence de l'œil myope.

Doc 2 L'hypermétropie et sa correction

Commentaire. On retrouve pour l'hypermétropie la même démarche que pour la myopie. L'image d'un objet lointain se forme derrière la rétine pour l'œil hypermétrope.

Réponses aux questions

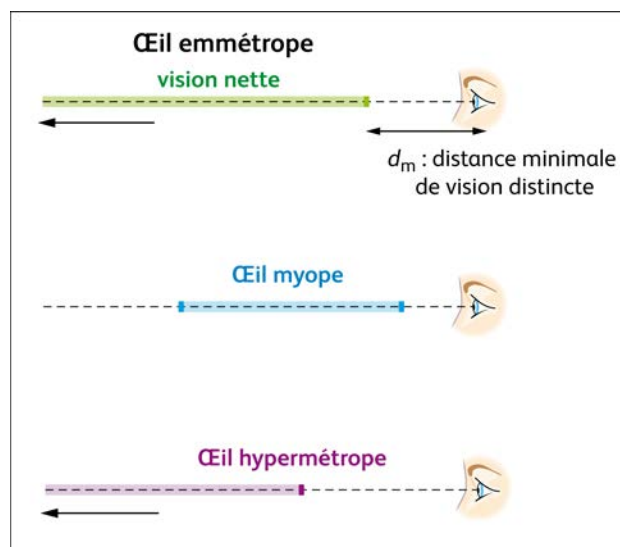
3. Interpréter

- a. L'image d'un objet lointain se forme derrière la rétine pour un œil hypermétrope non corrigé. L'œil hypermétrope n'est pas assez convergent.
- b. Pour voir nettement un objet lointain, l'œil hypermétrope accommode.
- c. Un œil hypermétrope ne voit pas nettement des objets proches : son *punctum proximum* est plus éloigné de l'œil que celui d'un œil emmétrlope.

4. Conclure.

L'ajout d'une lentille ou le recours à la chirurgie doit augmenter la vergence de l'œil hypermétrope.

BILAN Schématiser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

Corrigés des exercices

4. Macrophotographie

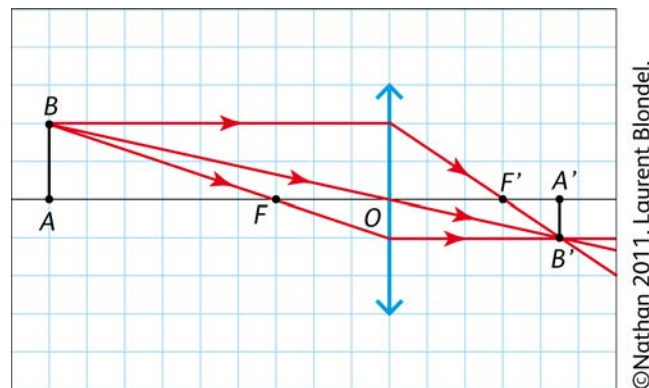
1. La lentille forme une image plus grosse que l'objet. C'est donc une lentille à bords minces.
2. L'indication $+10 \delta$ est celle de la vergence.
3. $f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{+10} = +0,10 \text{ m} = +10 \text{ cm}$.
4. $C > 0$: la lentille est bien convergente.

5. Choix des lentilles

1. L'expérience nécessite une lentille convergente (énoncé). Cette lentille forme une image plus grosse que l'objet. C'est donc la lentille de gauche sur la photographie.
2. On aurait pu choisir cette lentille au toucher, en passant délicatement le doigt sur ses faces. Une lentille convergente est une lentille à bords minces.
3. La distance focale d'une lentille convergente est donnée positivement : $f' = +12 \text{ cm}$ et non -12 cm .
4. $C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{+(12 \times 10^{-2})} = +8,3 \delta$.

6. Construction d'image

1. $OF' \leftrightarrow 3$ carreaux. Ainsi, compte tenu de l'échelle utilisée, $f' = 3 \times 5 = +15 \text{ cm}$.
- 2.



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Le rayon incident issu de B passant par le centre optique O de la lentille émerge de celle-ci sans être dévié.
Le rayon incident issu de B parallèle à l'axe optique de la lentille émerge de celle-ci en passant par son foyer image F' .
L'intersection de ces deux rayons est le point image B' de B .
4. B' est au-dessous de l'axe optique contrairement à B . L'image $A'B'$ est donc renversée par rapport à AB .
5. Pour observer l'image par diffusion, il faut placer l'écran là où elle se forme, donc en A' à $4,5$ carreaux de O sur le papier soit à une distance de O réelle de : $OA' = 4,5 \times 5 = 22,5 \text{ cm}$.

7. Œil et accommodation

1. Au repos, l'œil voit nettement les objets très éloignés (à l'infini). Leur image se forme sur la rétine. Pour le modèle de l'œil, cela correspond à une image qui se forme sur l'écran.

2. La distance focale de l'œil au repos est $f' = +17$ mm, et sa vergence vaut alors :

$$C = \frac{1}{+0,017} = +59 \delta.$$

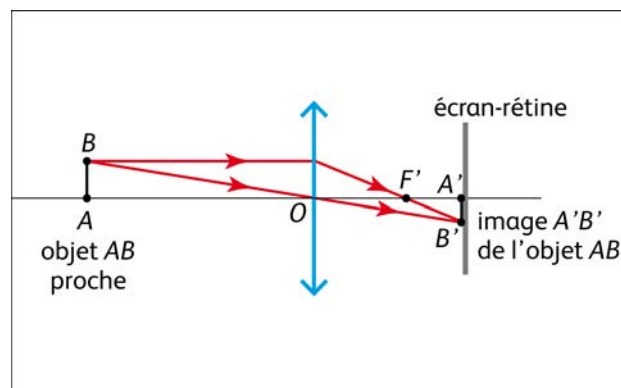
3. L'accommodation est la mise au point faite par l'œil pour voir nets des objets proches. Lorsque l'œil accommode, il devient plus convergent, sa vergence augmente.

4. Le *punctum proximum* de l'œil correspond au point le plus proche de l'œil qui peut être vu nettement. La vergence de l'œil est alors maximale.

• Vergence de l'œil au repos : $C = \frac{1}{+0,017} = +59 \delta.$

• Vergence de l'œil lorsque l'objet est au *punctum proximum* : $C' = C + 5,0 = +64 \delta.$

5.

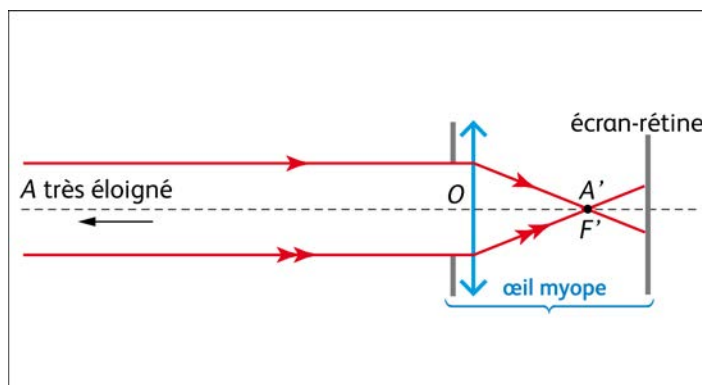


©Nathan 2011. Laurent Blondel.

8. Œil myope

1. Si l'œil était emmétrope, l'image d'un objet à l'infini se formerait sur la rétine.

2.



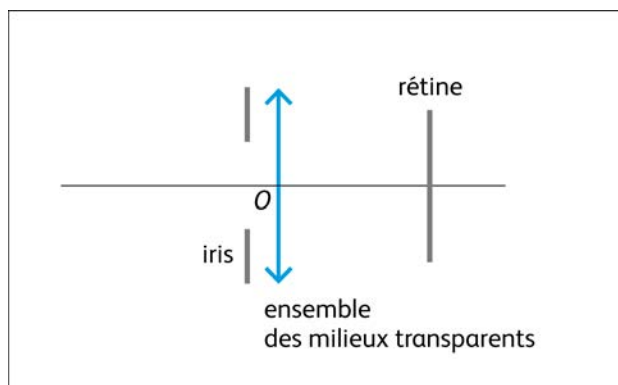
©Nathan 2011. Laurent Blondel.

9. Œil hypermétrope

1. Lorsque l'œil est au repos, comme l'œil hypermétrope n'est pas assez convergent l'image d'un objet lointain se forme derrière la rétine.

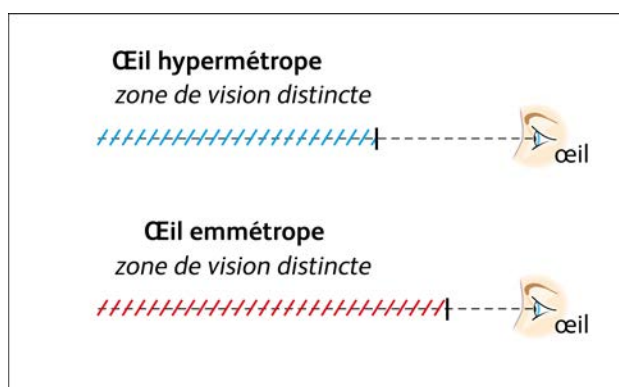
2. Un œil hypermétrope accommode pour voir net un objet éloigné pour que l'image se forme sur la rétine.

3. Modèle de l'œil réduit :



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

4. Zones de vision distincte d'un œil hypermétrope et d'un œil emmétrope :



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

5. Un œil hypermétrope doit accommoder pour voir nettement un objet lointain, alors qu'un œil emmétrope même devenu presbyte voit net, sans accommoder, un objet lointain.

Remarque. Les deux ont en commun d'avoir un *punctum proximum* plus éloigné de l'œil qu'un œil emmétrope non presbyte.

10. Ordonnance d'un ophtalmologiste

1. La vergence étant positive, les deux verres sont convergents.

2. Ces verres corrigent une hypermétropie car un œil hypermétrope n'est pas assez convergent.

3. La distance focale f' est égale à $f' = \frac{1}{C}$ soit :

$$\text{pour le verre droit, } f' = \frac{1}{+1,5} = +0,67 \text{ m} = +67 \text{ cm,}$$

$$\text{et pour le verre gauche, } f' = \frac{1}{+2,0} = +0,50 \text{ m} = +50 \text{ cm.}$$

11. Cataracte et implant

1. Le rôle du cristallin est de permettre que l'image d'un objet, placé à une distance au moins égale à la distance minimale de vision distincte, se forme sur la rétine.
2. La lentille de remplacement est convergente car elle remplace le cristallin qui est convergent.
3. L'unité de la vergence est la dioptrie.
4. La distance focale f' est égale à $f' = \frac{1}{C} = +1,7 \times 10^{-2} \text{ m} = +1,7 \text{ cm}$.
5. Une lentille monofocale a une même valeur de vergence quel que soit le point de la lentille. Une lentille multifocale n'a pas la même distance focale en tous ses points. Ainsi sa vergence peut devenir progressivement plus grande pour regarder de près (donc dans la partie inférieure des verres) et rester nulle (ou plus faible) pour la vision de loin. Ce type de verres permet donc aux presbytes de voir nettement de près comme de loin.

Science in English

12. À propos des lentilles

1. En français, pour désigner « *the optical power* », on utilise le terme de vergence. Son unité se nomme la dioptrie de symbole δ .
2. Telle une loupe, une lentille « gros plan » forme une image d'un objet proche plus grosse que l'objet à photographier. D'autre part, sa vergence est positive ($C = +4 \delta$). Ces deux éléments confirment qu'une lentille « gros plan » est une lentille convergente.
3. La distance focale f' est égale à $f' = \frac{1}{C} = \frac{1}{+4} = +0,25 \text{ m} = +25 \text{ cm}$.
4. D'après la troisième phrase du texte, la vergence d'une association de lentilles est la somme des vergences des lentilles accolées. On peut donc constituer une lentille de vergence $+4 \delta$ en accolant une lentille de vergence $+3 \delta$ et une de vergence $+1 \delta$.

Chapitre 3. La perception visuelle

Manuel pages 35 à 56

Objectifs généraux

La perception visuelle dépend des messages transmis vers le cerveau et de leur interprétation par différentes aires cérébrales spécialisées qui communiquent entre elles. Cependant, l'organisation du cortex cérébral porte, dans sa structure, l'histoire individuelle de l'organisme : c'est la plasticité cérébrale.

Choix pédagogiques

La progression choisie repose sur l'étude des différents événements qui se succèdent entre l'arrivée d'une image sur la rétine et la perception visuelle.

On étudie dans un premier temps la rétine, afin de comprendre son organisation ainsi que les zones remarquables qui la constituent (activités 1 et 2), puis on étudie en détail les cellules photoréceptrices ou photorécepteurs (activités 3 et 4). On étudie leur répartition ainsi que leurs caractéristiques structurales et fonctionnelles, ce qui permet de comprendre que la vision du monde dépend de leurs propriétés. L'étude de différentes anomalies (daltonisme, rétinite, DMLA) permet de relier répartition et propriétés des photorécepteurs à ces anomalies.

L'étude comparée des pigments rétiniens chez les Primates (activité 5) permet d'établir les parentés entre les espèces étudiées et de confirmer le lien entre perception visuelle et photorécepteurs.

La perception visuelle repose sur le message transmis par les cellules rétiniennes vers les aires cérébrales mais également sur leur interprétation par le cerveau (activité 6). Une image possède différentes caractéristiques dont on peut mettre en évidence qu'elles sont analysées par des aires différentes. L'apprentissage de la lecture repose sur des coopérations entre aires différentes (activité 7).



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Neurosciences, Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, 3^e édition, 2005 (4^e édition, 2011), De Boeck.

Neurophysiologie, Organisation et fonctionnement du système nerveux, D. Richard, D. Orsal, 3^e édition, 2007, Éditions Dunod.

Biologie, Georges B. Johnson, Jonathan B. Losos, Peter H. Raven, Susan S. Singer, 2^e édition, 2011, De Boeck.

Le cerveau, POUR LA SCIENCE, 1982.

Les neurones de la lecture, Stanislas Dehaene, Éditions Odile Jacob, 2007.

Articles et publications

Le cerveau, LES DOSSIERS DE LA RECHERCHE, n° 40, août 2010.

La couleur, DOSSIER POUR LA SCIENCE, n° 27, avril 2000.

Comment le cerveau apprend, LA RECHERCHE, n° 449, février 2011.

L'œil et le cerveau, SCIENCES & VIE JUNIOR, HORS SÉRIE n° 51, janvier 2003.

L'œil et la vision, SCIENCES ET VIE, HORS SÉRIE n° 216, septembre 2001.

L'évolution de la vision des couleurs chez les primates, G. Jacobs, J. Nathans, POUR LA SCIENCE n° 389, mars 2010.

Viellissement et troubles de la vision, R. Dahm, POUR LA SCIENCE n° 324, octobre 2004.

Sites internet

<http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/>



Corrigés des doubles pages d'activités

1. La rétine

Doc. 1. L'organisation générale de la rétine

Réponses aux questions

1. Observer

Les signaux lumineux arrivent sur la face de la rétine en contact avec l'humeur aqueuse. La lumière traverse d'abord différentes couches cellulaires avant d'atteindre les cellules photoréceptrices : les cellules ganglionnaires et les cellules bipolaires.

Les cellules photoréceptrices de la rétine, responsables de la conversion du stimulus lumineux en signal électrique, sont localisées en périphérie.

2. Interpréter

Le signal électrique est ensuite transmis aux cellules bipolaires et ganglionnaires qui élaborent un message nerveux, qui est ensuite transmis au cerveau.

3. Interpréter

Le stimulus lumineux est converti en un signal électrique : il y a donc conversion de signal.

Doc. 2. Deux catégories de cellules photoréceptrices

Réponses aux questions

4. Observer

A l'aide de la figure b, on peut identifier les cônes et les bâtonnets du document a : on distingue deux cônes, renflés et plus courts à droite de la photographie ; les autres cellules sont des bâtonnets.

5. Observer

Sur l'électronographie (MEB), on distingue deux catégories de cellules qui possèdent des morphologies différentes : les cônes et les bâtonnets. Les noms de ces cellules sont à mettre en relation avec l'aspect de leurs prolongements ou segments externes qui diffèrent.

D'autre part, les pigments contenus dans les prolongements sont différents : il s'agit de la rhodopsine pour les bâtonnets et de l'opsine pour les cônes.

Ces deux catégories de cellules possèdent une caractéristique fonctionnelle commune : l'absorption de lumière déclenche une cascade d'événements à l'origine du message nerveux.

BILAN Rédiger

Les cellules photoréceptrices, les cônes et les bâtonnets, qui se distinguent par la forme de leur prolongement, sont disposées en périphérie de la rétine. Leur rôle est de recevoir le stimulus lumineux et de le transformer en message nerveux.

2. Des zones remarquables dans la rétine

Doc 1 Identifier les zones particulières de la rétine

Réponses aux questions

1. Observer

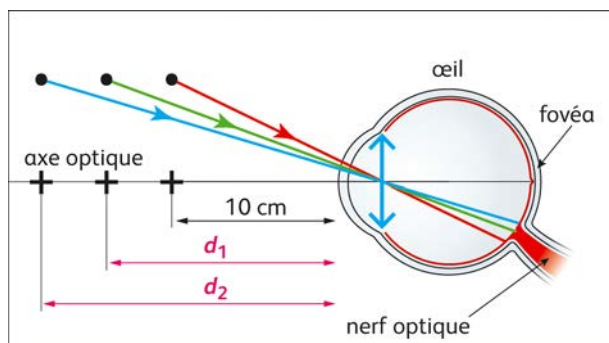
On peut distinguer essentiellement deux zones particulières dans la rétine :

- la fovéa : région spécialisée du centre de la rétine, située dans le prolongement de l'axe optique de l'œil ;
- le nerf optique : responsable de la transmission du message nerveux vers le cerveau.

Doc. 2 Expérience de Mariotte

Réponses aux questions

2. Schématiser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Analyser

On constate que le point noir du schéma se projette sur le nerf optique lorsque $d = d_1$. On peut donc supposer que cette zone est dépourvue de cellules photoréceptrices.

Doc. 3 Le point aveugle

Réponses aux questions

4. Schématiser

Au niveau du point aveugle, point de départ du nerf optique, il n'y a pas de cellules photoréceptrices mais uniquement des fibres constitutives du nerf.

5. Conclure

Lorsqu'une image se projette sur cette zone, comme le point dans le document précédent, elle n'est pas observable : cela confirme le rôle des cellules photoréceptrices (absentes de cette zone) de la conversion du stimulus lumineux en message nerveux.

Doc. 4 La fovéa

Réponses aux questions

6. Observer

Au niveau de la fovéa, la rétine ne comporte qu'une couche cellulaire : les cellules photoréceptrices. Les cellules bipolaires ainsi que les cellules ganglionnaires en sont absentes. Le stimulus lumineux ne traverse pas ces cellules avant d'atteindre les cônes et les bâtonnets. (On peut cependant noter que les cônes et les bâtonnets de la fovéa sont quand même en contact avec des cellules bipolaires et ganglionnaires.)

BILAN Rédiger

La rétine comporte deux régions structurales : la fovéa et le point aveugle qui possèdent des propriétés structurales qui leur sont propres :

- le point aveugle correspond au départ du nerf optique ; il est dépourvu de cellules photoréceptrices et est uniquement constitué de fibres nerveuses ;
- la fovéa est située dans le prolongement de l'axe optique de l'œil. Elle comporte une seule couche de cellules : les cellules photoréceptrices, cônes et bâtonnets.

3. Les photorécepteurs de la rétine

Doc. 1 Les champs visuels

Réponses aux questions

1. Observer

- Les champs visuels des trois couleurs se superposent dans la zone centrale ; c'est donc dans cette zone que la perception colorée est maximale.
- Au-delà du champ visuel le plus large, le bleu, il n'y a plus de perception des couleurs. Il y a donc une perception en nuances de gris en périphérie.

2. Interpréter

On peut déjà réfléchir à la projection sur la rétine de la zone commune aux champs visuels. Cette zone étant centrale, elle se projette dans le prolongement de l'axe optique, c'est-à-dire dans la région de la fovéa.

Doc. 2 Répartition des cellules photoréceptrices de la rétine

Commentaire. Ce document ne peut être correctement compris que si l'élève a bien compris son orientation par rapport à l'œil. Le schéma de l'œil ainsi que l'exemple de lecture permettent d'accéder à une représentation correcte.

Réponses aux questions

3. Analyser

Les cônes et les bâtonnets ne se répartissent pas de façon identique :

- la densité de cônes est maximale au niveau de la fovéa et diminue très rapidement de part et d'autre de celle-ci ;
- inversement, les bâtonnets présentent une densité plus importante dans la rétine périphérique que dans la fovéa.

4. Mettre en relation (doc 1 et 2)

Comme cela a été vu dans l'activité précédente, cônes et bâtonnets sont absents du point aveugle, point de départ du nerf optique.

La vision des couleurs est maximale dans la zone centrale qui se projette dans la zone centrale de la rétine. On peut donc associer vision des couleurs et cellules photoréceptrices présentes dans cette zone : les cônes sont responsables de la vision des couleurs.

5. Exploiter

La vision des couleurs est absente en périphérie et les cellules photoréceptrices de la rétine périphérique sont des bâtonnets : ils sont donc responsables de vision en teintes de gris.

L'acuité visuelle est maximale dans la zone de la fovéa : le niveau de précision avec lequel sont perçus les objets est donc maximal dans la zone centrale du champ de vision.

Doc. 3 L'absorption de lumière

Réponses aux questions

6. Analyser

La vision est trichromatique lorsque le système visuel est basé sur la perception de trois couleurs. On constate qu'il existe trois types de cônes absorbant principalement les radiations de trois longueurs d'onde différentes : 430 nm (bleu), 550 nm (vert) et 600 nm (rouge). Les cônes captent donc majoritairement ces trois couleurs : la vision humaine est trichromatique.

Doc. 4 Le seuil de sensibilité

Réponses aux questions

7. Analyser

Le seuil de sensibilité est beaucoup plus faible pour les bâtonnets que pour les cônes : ils sont donc stimulés même avec un faible éclaircissement. En revanche, ces cellules ne permettent pas la distinction des couleurs. Ainsi, lorsque la luminosité est faible (« nuit »), seuls les bâtonnets sont stimulés et « tous les chats sont gris » du fait d'une vision en nuances de gris.

8. Mettre en relation (doc 1 à 4)

Tableau de comparaison des cônes et des bâtonnets

	Cônes	Bâtonnets
Répartition	Densité importante dans la fovéa et faible dans la rétine périphérique.	Cellules absentes dans la fovéa et densité importante dans toute la rétine périphérique.
Nombre de catégories	3	1
Pigments contenus	Opsines	Rhodopsine
Radiations absorbées	430 nm pour les cônes S (ou bleus) 550 nm pour les cônes M (ou verts) 600 nm pour les cônes L (ou rouges)	500 nm
Seuil de sensibilité	Élevé	Faible
Fonction	Vision des couleurs et des détails de la zone centrale lorsque la luminosité est importante.	Vision crépusculaire en nuances de gris.

BILAN Rédiger

La répartition des cônes et des bâtonnets permet d'expliquer certaines caractéristiques de la vision. Les cônes possèdent un seuil de sensibilité élevé mais contiennent un pigment qui les rend sensibles à des radiations d'une certaine plage de longueurs d'onde, ils sont essentiellement localisés dans la fovéa : la vision centrale est une vision colorée et trichromatique, précise, qui peut se faire lorsque l'éclaircissement est important.

Les bâtonnets contiennent tous de la rhodopsine, possèdent un seuil de sensibilité faible et sont localisés dans la rétine périphérique : ils sont responsables de la vision crépusculaire.

4. Photorécepteurs et vision du monde

Commentaire. Il s'agit dans cette double page de mettre en relation les connaissances acquises sur la structure de la rétine, de nouvelles connaissances sur les pigments rétinien avec des anomalies de la vision connues. Certaines anomalies, comme le daltonisme, sont génétiques et touchent la structure même de la partie protéique des pigments, d'autres comme la DMLA et la rétinite ont des causes plus complexes et affectent les cellules photoréceptrices.

Doc. 1 Les opsines

Réponses aux questions

1. Lire

Les pigments rétinien permettent l'absorption de la lumière et sa conversion par les cellules qui les contiennent, les cônes et les bâtonnets, en message nerveux compréhensibles par le cerveau.

2. Lire

Toutes les opsines n'absorbent pas les mêmes longueurs d'onde : les opsines S, les opsines M et les opsines L présentent un maximum d'absorption du spectre lumineux dans le bleu, le vert et le rouge.

Doc. 2 Non pas un, mais des daltonismes

Réponses aux questions

3. Imaginer

Le daltonisme est une déficience de l'aptitude à distinguer certaines couleurs. Comme on vient de voir que les pigments des cellules photoréceptrices sont responsables de l'absorption de la lumière à l'origine du message nerveux, on peut penser que certains pigments photorécepteurs contenus dans les cônes ne sont pas fonctionnels.

D'autre part, les cellules photoréceptrices elles-mêmes pourraient être touchées.

4. Déduire

Le tableau nous permet de constater que les cônes sont toujours présents mais, dans chaque cas de daltonisme, une des catégories n'absorbent pas leur « couleur ». On peut donc supposer que les pigments ne sont pas fonctionnels.

5. Mettre en relation (doc 1 et 2)

Chaque catégorie de pigment peut être touchée et être à l'origine d'une forme de daltonisme :

- pigment « rouge » : protanope ;
- pigment « vert » : deutéranope ;
- pigment « bleu » : tritanope.

Doc. 3 Les rétinites pigmentaires

Réponses aux questions

6. Expliquer

Les cellules photoréceptrices étant responsables de la conversion du signal lumineux en signal électrique, leur destruction entraîne une modification ou une disparition du message transmis et donc des troubles visuels.

7. Lire

Le champ visuel d'un patient atteint de rétinite est appelé « champ en canon de fusil » et ne subsiste que dans l'axe optique.

8. Déduire

La vision n'étant nette que dans l'axe optique qui se projette sur la fovéa, on peut déduire que seules les cellules localisées dans cette zone ne sont pas touchées : il s'agit des cônes. Les bâtonnets, localisés en périphérie, sont touchés.

Doc. 3 Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)

Réponses aux questions

9. Observer

Une photographie de la rétine permet d'observer que c'est la zone de la macula contenant la fovéa qui est touchée.

10. Expliquer

Dans le cas de la DMLA, le champ visuel périphérique est intact alors que le champ visuel axial est touché.

Les cellules photoélectriques situées au niveau de la fovéa étant uniquement des cônes, ce sont ces cellules photoréceptrices qui sont touchées.

BILAN Rédiger

Lorsque les pigments sont modifiés, les cellules photoréceptrices comme les cônes sont incapables de transformer les radiations de certaines longueurs d'ondes en message nerveux. De ce fait, l'individu touché ne distingue pas certaines catégories de couleurs. On distingue différents types de daltonismes en fonction du pigment modifié.

Les cellules photoréceptrices sont inégalement réparties dans la rétine. Les conséquences visuelles dépendent donc de la catégorie de cellules touchées : lorsque ce sont les cônes, la vision centrale est perdue alors que lorsque les bâtonnets sont touchés, c'est la vision périphérique qui est modifiée.

5. Les pigments rétiniens chez les Primates

Commentaire. La vision de l'Homme est trichromatique. On peut utiliser la comparaison des gènes codant les opsines ou des opsines elles-mêmes afin de préciser les relations de parenté entre les primates.

Doc. 1 Comparaison de l'opsine bleue des Primates

Réponses aux questions

1. Exploiter

Les espèces qui possèdent les séquences les plus semblables sont le Chimpanzé et l'Homme alors que celles qui possèdent les séquences les plus éloignées sont l'Homme et le Gorille avec le Bonobo.

2. Interpréter

Les séquences protéiques des opsines bleues du Bonobo, du Chimpanzé et de l'Homme sont identiques, on peut donc supposer que ces espèces possèdent un ancêtre commun très récent. On peut supposer que l'ancêtre commun avec les autres espèces est d'autant plus ancien que le nombre de différences est important.

Les espèces Cebus et Saïmiri possèdent des opsines qui présentent un nombre de différences entre elles plus faible qu'avec celles des autres espèces, on peut donc supposer que ces espèces possèdent un ancêtre commun qui leur est propre.

Doc. 2 La vision en couleur des Primates

Réponses aux questions

3. Schématiser

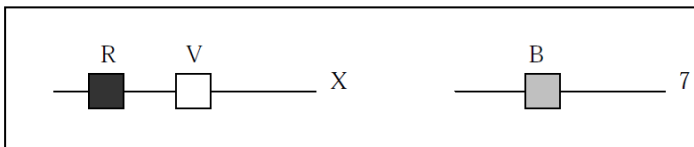


Schéma des chromosomes qui portent les gènes codant les opsines pour Homme et Bonobo.

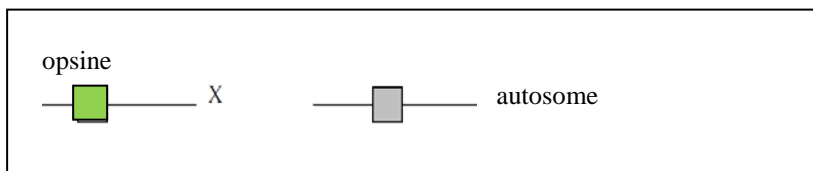


Schéma des chromosomes qui portent les gènes codant les opsines chez les singes du Nouveau Monde.

4. Interpréter

Seul l'Homme et les singes de l'Ancien Monde possèdent trois gènes codant les opsines alors que les singes du Nouveau Monde ne possèdent que deux gènes. On peut donc supposer que ces espèces possèdent un ancêtre commun qu'elles ne partagent pas avec les autres espèces de Primates ce qui confirme les résultats précédemment obtenus.

Doc. 3 De la dichromatie à la trichromatie

Réponses aux questions

5. Observer

Le Cebus possède deux gènes codant les opsines alors que Macaque, Chimpanzé et Homme en possèdent trois. L'apparition d'un nouveau gène (issu d'une duplication génique) à l'origine des gènes codant les opsines verte et rouge, a dû avoir lieu après la séparation de la lignée des singes de l'Ancien Monde de celle des singes du Nouveau Monde soit entre 40 et 23 Ma.

BILAN Rédiger

L'étude comparée des pigments rétinien peut porter sur la comparaison des séquences d'un même gène, comme par exemple le gène codant l'opsine bleue, ou sur les différents gènes codant les opsines.

Lors de la comparaison d'un même gène, on suppose que l'ancêtre commun à deux espèces est d'autant plus proche que le nombre de différences entre ces deux gènes est faible.

Seul l'Homme et les singes de l'Ancien Monde possèdent trois gènes codant les opsines alors que les singes du Nouveau Monde ne possèdent que deux gènes. Cela permet de supposer qu'ils partagent un ancêtre commun qu'ils ne partagent pas avec les autres espèces.

6. Aires visuelles et perception visuelle

Doc. 1 Localiser les aires cérébrales

Réponses aux questions

1. Interpréter

Les aires activées du cerveau diffèrent en relation avec la fonction réalisée comme regarder une image ou entendre un son. On peut donc supposer que chaque aire cérébrale possède une fonction spécialisée.

2. Observer

Les aires activées lorsque le sujet regarde une image sont localisées à l'arrière du cerveau dans le lobe occipital.

Doc. 2 De l'œil au cortex visuel

Réponses aux questions

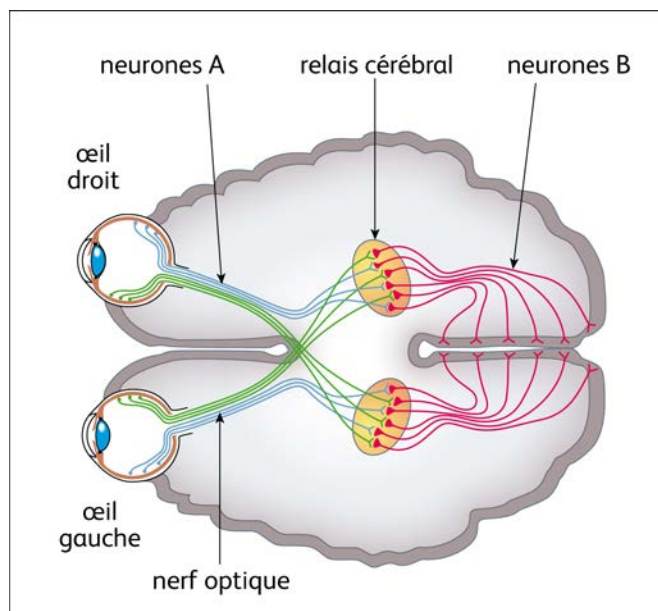
3. Déduire

La section A est au niveau du nerf optique de l'œil droit et entraîne une cécité de l'œil droit.
La section B est dans une zone où des nerfs provenant des deux yeux se croisent et se dirigent ensuite vers le cortex. Cette section entraîne la perte de la vision latérale. On peut en déduire que les nerfs qui véhiculent les informations de la vision latérale ne passent pas par ce croisement et vont vers l'hémisphère droit pour l'œil droit, et gauche pour l'œil gauche.

La section C se situe sur les nerfs allant vers l'hémisphère droit du cerveau ; elle entraîne la perte de la vision latérale gauche pour les deux yeux. On peut déduire que tout ce qui vient de la gauche (resp. droite) du champ visuel, que ce soit de l'œil droit ou de l'œil gauche va dans l'hémisphère droit (resp. gauche) du cerveau.

4. Schématiser

Trajet des informations visuelles dans le cerveau :



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

5. Expliquer

Les informations visuelles arrivant dans l'hémisphère droit du cerveau proviennent soit du champ visuel gauche de l'œil droit, soit du champ visuel gauche de l'œil gauche.

Doc. 3 Des troubles de la perception visuelle

Réponses aux questions

6. Interpréter

Les images perçues possèdent différentes caractéristiques comme la forme, la couleur ou le mouvement. On constate que dans le cas n° 1, la personne ne perçoit pas le mouvement alors que les autres caractéristiques de l'image sont perçues. D'autre part, dans le cas n° 2, la personne ne reconnaît pas les formes. On peut donc supposer que l'analyse des différentes caractéristiques d'une image se fait par des aires visuelles différentes.

Doc. 4 Des aires visuelles spécialisées

Réponses aux questions

7. Vérifier

Ces résultats confirment l'hypothèse précédente. En effet, les images observées n'ont pas les mêmes caractéristiques et des aires visuelles différentes s'activent lorsque le sujet les observe : l'aire V₄ ou l'aire V₅ s'active en plus des aires V₁ et V₂.

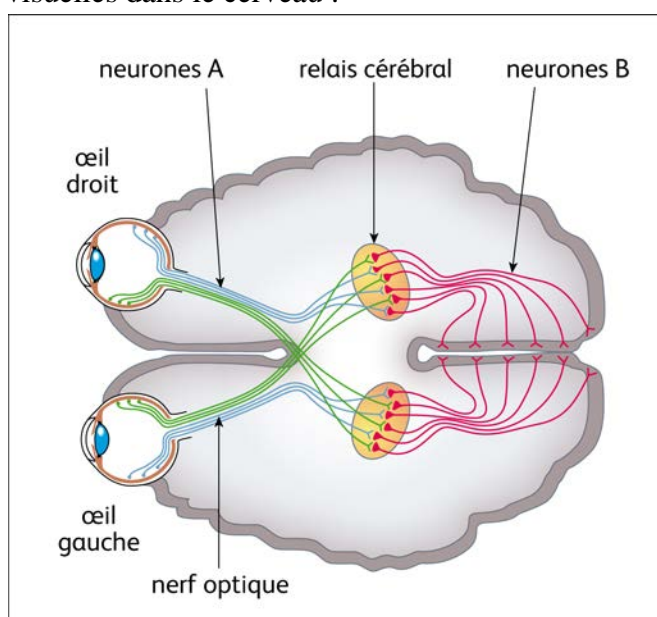
8. Mettre en relation (doc 3 et 4)

Lorsque le sujet observe un tableau de Mondrian (forme et couleurs mais absence de mouvement), les aires V₁ et V₂ sont actives ainsi que l'aire V₄. Lorsqu'il observe une image en noir et blanc et en mouvement (absence de couleurs), ce sont les aires V₁ et V₂ ainsi que l'aire V₅ qui sont actives. On peut donc supposer que les aires V₁ et V₂ interviennent dans toutes les perceptions visuelles alors que l'aire V₄ est spécialisée dans l'analyse des couleurs et des formes et l'aire V₅ dans l'analyse du mouvement.

L'aire V₄ doit être endommagée chez le sujet n° 2 et l'aire V₅ doit être endommagée chez le sujet n°1.

BILAN Rédiger

Trajet des informations visuelles dans le cerveau :



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

Les aires du cerveau stimulées dépendent de l'action réalisée. On peut donc supposer que les aires sont spécialisées. Les aires V₁ et V₂, situées à l'arrière du cerveau dans le lobe occipital, interviennent dans la réception des messages nerveux en provenance des yeux. Elles sont indispensables à la perception visuelle. Une image possède différentes caractéristiques (forme, couleurs, mouvement) qui sont analysées par des aires différentes et spécialisées. L'aire V₄ est spécialisée dans l'analyse des couleurs et des formes et l'aire V₅ dans l'analyse du mouvement.

7. Aires cérébrales et plasticité

Doc. 1 La reconnaissance d'un mot écrit

Réponses aux questions

1. Rappeler

Les aires visuelles sont localisées à l'arrière du cerveau dans le lobe occipital. Les aires V₁ et V₂ reçoivent les messages nerveux en provenance des yeux. L'aire V₄ est spécialisée dans l'analyse des couleurs et des formes et l'aire V₅ dans l'analyse du mouvement.

2. Observer

On peut constater que des aires spécialisées, autres que celles envisagées dans l'activité précédente, sont actives lors de la reconnaissance d'un mot.

3. Interpréter

Lorsque des patients sont frappés d'alexie, les yeux, les voies visuelles ainsi que les aires visuelles V₁ à V₅ sont intactes. Les capacités de perception d'une image sont donc intactes. On peut donc supposer que ce sont des lésions dans l'aire de reconnaissance des mots qui provoquent l'alexie.

Doc. 2 Lecture et activité cérébrale

Réponses aux questions

4. Observer

Lors d'une activité de lecture, de nombreuses aires cérébrales distinctes interviennent. Certaines permettent la perception de l'image (entrées visuelles) alors que d'autres permettent sa compréhension (forme des mots, accès au sens) ou le lien avec le langage.

5. Conclure

La lecture est donc une activité complexe qui repose sur la collaboration de nombreuses aires cérébrales.

Doc. 3 Lecture et plasticité

Réponses aux questions

6. Observer

La zone impliquée dans la reconnaissance des mots est localisée dans une zone qui permet la reconnaissance des objets et des visages chez les Primates.

7. Interpréter

On peut supposer que cette zone, qui intervient dans la reconnaissance des visages et des objets chez les autres primates, se développe lors de l'apprentissage de la lecture et repose sur la plasticité cérébrale.

BILAN Rédiger

La capacité cérébrale est la capacité que possèdent les cellules du cerveau à se réorganiser en réponse aux stimulations reçues. On constate que la zone de reconnaissance des objets et des visages, qui existe chez tous les Primates, est également une zone de reconnaissance des mots chez l'Homme. Comme on peut supposer que cette zone n'a pas pu évoluer exprès pour les besoins de la lecture, on peut supposer qu'elle se met en place chez l'enfant lorsqu'il apprend à lire et est donc un témoin de la plasticité cérébrale.

Correction des exercices

1. Questions de cours

1. Les deux catégories de cellules photoréceptrices sont les cônes, responsables de l'acuité visuelle et de la vision des couleurs, et les bâtonnets qui permettent la vision périphérique et en faible intensité lumineuse.
2. La répartition des cônes et des bâtonnets permet d'expliquer certaines caractéristiques de la vision.

Les cônes possèdent un seuil de sensibilité élevé mais contiennent un pigment qui les rend sensibles à une certaine catégorie de longueurs d'onde. Ils sont essentiellement localisés dans la fovéa : la vision centrale est une vision colorée et trichromatique, précise, qui peut se faire lorsque l'éclairement est important.

Les bâtonnets contiennent tous de la rhodopsine, possèdent un seuil de sensibilité faible et sont localisés dans la rétine périphérique : ils sont responsables de la vision crépusculaire.

4. Les performances visuelles de la rétine

1. Le nombre de capteurs par mm^2 est beaucoup plus important dans la rétine que dans un caméscope : 180 000 dans la fovéa contre 10 000 pour un caméscope.
2. Les cônes permettent de distinguer les couleurs et ont un seuil de sensibilité élevé alors que les bâtonnets ont un seuil de sensibilité faible mais ne permettent la distinction des couleurs.
3. La rétine centrale, riche en cônes, est responsable de l'acuité visuelle et de la vision des couleurs avec un fort éclairement. La rétine périphérique permet la vision crépusculaire.

5. Interpréter une anomalie du champ visuel

1. Les champs visuels des deux yeux étant touchés par une anomalie symétrique, on peut supposer que ce sont les voies visuelles qui sont touchées.
2. Le lieu de rupture de transmission du message est le 3.
3. En cas de rupture de transmission du message en 1, le champ visuel de l'œil gauche serait intact et celui de l'œil droit serait noir (cécité de l'œil droit).

En cas de rupture de transmission du message en 4, le champ visuel gauche de chaque œil serait perdu.

6. Comment la lecture s'écrit dans le cerveau humain

1. La technique utilisée ici est l'imagerie cérébrale.
2. On peut relever les liens suivants entre lecture et aires cérébrales : « Chez tous les individus qui avaient appris à lire, l'activité générale des aires visuelles était plus marquée ».
3. Comme le précise l'article : « L'intérêt majeur d'inclure des analphabètes dans l'étude était de révéler la fonction « naturelle » de certaines aires recrutées par l'apprentissage de la lecture. »
4. On peut noter que « la lecture s'inscrit dans des régions cérébrales préexistantes par un mécanisme de recyclage de fonctions diverses » et « certaines aires sont recrutées par l'apprentissage de la lecture [...] dans une zone dévolue à la reconnaissance visuelle des objets et des visages ». Les fonctions d'une aire cérébrale peuvent donc être variables en relation avec l'apprentissage réalisé.

Histoire et sciences

7 Localiser les aires cérébrales

1. Le docteur Tasuji Inouye fut le premier à localiser les aires cérébrales associées à la vision.
2. Il put réaliser cette découverte par déduction en analysant les déficits visuels associés à la localisation des aires cérébrales endommagées par les balles.
3. Actuellement, on localise les aires cérébrales actives lors de la vision par imagerie cérébrale.

Chapitre 4. Couleurs et Arts

Manuel pages 57 à 74

Objectifs généraux

L'artiste, pour satisfaire ses objectifs, doit comprendre d'où vient la couleur des objets qui nous environnent et comment la représenter. Pour y arriver, il faut faire appel à des connaissances basiques de chimie et de physique qui sont présentées dans ce chapitre.

Choix pédagogiques

Une progression logique dans les activités proposées va permettre d'arriver à mettre en place l'essentiel : pour un observateur qui jouit d'une vision « normale », **la couleur d'un milieu dépend de sa matière (colorants, pigments, solvants) et de la lumière qui l'éclaire.**

L'approche commence par une mise en évidence expérimentale et documentaire des matériaux de la matière colorée, de leur importance historique et économique.

Puis l'élève est amené, par l'expérience, à montrer l'influence de divers facteurs sur la couleur

Des activités sont ensuite proposées pour mettre en place la notion de couleurs primaires de la vision – que l'on reliera aux propriétés de la rétine exposées dans le chapitre 3 – et la synthèse additive de la lumière ; c'est là que le cercle chromatique est introduit permettant à l'élève de s'approprier la notion de couleur complémentaire.

En relation incontournable avec la pratique des arts plastiques, les couleurs primaires de la peinture sont introduites, en support de la présentation de la synthèse soustractive ; l'élève sera mis en présence de quelques applications : les ombres colorées, la quadrichromie.

Dans une dernière série d'activités, on insiste sur les mélanges de colorants et de pigments, qui font la pratique quotidienne des artistes depuis la préhistoire.

Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Michel Eugène Chevreul, un savant, des couleurs !, sous la direction de G. Roque, B. Bodo, F. Viénot, éditions du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (1997).
Le monde des teintures naturelles, Dominique Cardon, Éditions Belin (2003).
Les matériaux de la couleur, François Delamare et Bernard Guineau, Collection Découvertes Gallimard, Éditions Gallimard (1999).

Articles et publications

La couleur, Dossier POUR LA SCIENCE, avril 2000.
REVUE TECHNE, La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations,
Couleur et Perception, n° 9-10 (1999)
La couleur et ses pigments, n° 4 (1996)
Les illusions des sens, POUR LA SCIENCE, Dossier hors série, avril-juin 2003.
La couleur, SCIENCE & VIE JUNIOR, Dossier hors série n° 23, janvier 1996.

Sites internet

<http://hdelboy.club.fr/Chevreul.html>
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/color-vision>
<http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/phch/lycee/premiere/11/couleurs/couleurs.htm>
<http://lite.bu.edu/vision-flash10/applets/Color/Benham/Benham.html>

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Colorants et pigments, hier et aujourd'hui

Doc. 1 Un peu de vocabulaire

Réponses aux questions

1. Déduire

L'huile et l'eau ne se mélangent pas (ne sont pas miscibles) ; un pinceau utilisé pour la peinture à l'huile ne peut pas être lavé à l'eau, il faut utiliser un solvant dans lequel l'huile est soluble (white spirit, essence de térébenthine ou autre).

Doc. 2 L'enjeu économique des matières colorées

Réponses aux questions

2. Rechercher

BASF pour Badische Anilin und Soda Fabrik : fabrique d'aniline (matière première pour colorants et pigments) et soude du pays de Bade (en Allemagne).

<http://www.basf.fr/ecp2/Histoire/index>

http://www.basf.fr/ecp2/Societes_du_groupe/index

3. Lire

L'indigo est au départ extrait de la nature (l'indigotier est un arbre originaire des Indes) ; le brevet de sa synthèse a été pris par l'entreprise BASF et aujourd'hui, la quasi-totalité de l'indigo utilisé provient de la synthèse industrielle.

Doc. 3 Différents pigments bleus

Réponses aux questions

4. Expliciter

L'azurite est un pigment minéral présent dans la nature (minerai de cuivre naturel).

Les cendres bleus n'existent pas à l'état naturel, elles sont fabriquées à partir de cuivre et de différents réactifs : on parle alors de pigment artificiel.

5. Rechercher

Origine végétale	Origine animale
Garance (19 couleurs différentes de rouge à orangé)	La pourpre (coquillage)
Indigo	La cochenille (insecte)
Anthocyanes (baies rouges)	Indian Yellow ou acide euxanthique (urine des vaches)
Orcanette (jaune)	

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pigment>

BILAN Rédiger

Les colorants ont une très grande importance économique. Or, la nature ne les produit pas en assez grande quantité et les colorants naturels sont souvent instables ; leur synthèse a été un des grands enjeux du développement de la chimie au XIX^e siècle.

2. Paramètres influant sur la couleur

Doc. 1 La teinture à l'ancienne ou « teinture sur mordant »

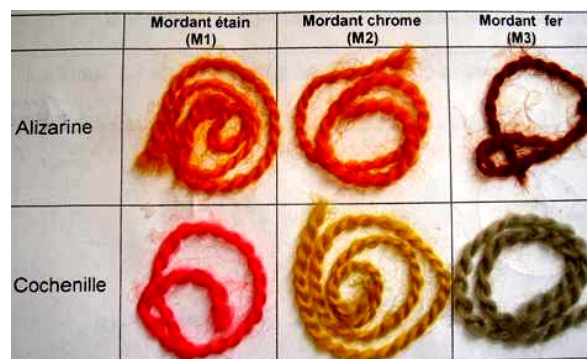
Réponses aux questions

1. Observer

Pour une même fibre et un même colorant, la couleur dépend du mordant ; en général, la couleur du textile teint avec mordantage est plus éclatante que dans celle du même textile teint directement.

Remarque. Les concentrations des différentes solutions peuvent être variées, les résultats sont toujours intéressants et exploitables.

Ci-contre : en exemple de résultat © Laure Fort.



2. Rechercher

2.a. Voir la double page 1, doc. 3.

b. Les tanneurs utilisent des sels minéraux pour le traitement des peaux ; au Moyen Âge, les eaux de rinçage étaient directement déversées dans les rivières. Les effluents des tanneries servaient donc de mordants aux teinturiers qui prélevaient leur eau en aval.

Doc. 2 Teinture dans un bain de cochenille

Réponses aux questions

3. Observer

On voit que les trois fibres textiles ne prennent pas la même teinte.

4. Interpréter

Le colorant est le même, la méthode de teinture est la même : on voit ici l'influence de la nature de la fibre.

5. Mettre en relation

Doc. 1 : mise en évidence de l'influence de la technique de teinture pour une fibre donnée et un colorant donné.

Doc. 2 : mise en évidence de l'influence de la nature de la fibre textile pour un colorant donné et une technique donnée.

On voit que, pour un colorant donné, la couleur dépend de la nature de la fibre et de la technique de teinture.

Doc. 3 Les matériaux photochromes

Réponses aux questions

6. Lire

La couleur d'un matériau photochrome « est modifiée sous l'effet d'une excitation lumineuse ». Elle dépend donc de la lumière arrivant sur ce matériau.

7. Interpréter

Le matériau dont la couleur dépend de la température est dit « thermochrome ».

8. Imaginer

Domaine	Exemples d'utilisation
Santé	Lunettes photochromes, détecteur de fièvre thermochrome, couches de bébé colorées par des « hydrochromes » qui préviendraient des fuites...
Bâtiment	Des vitres dont la couleur fonce lorsqu'il y a du soleil, ou des murs qui se colorent lorsque la chaleur les traverse (contrôle des pertes thermiques), des matériaux « hydrochromes » pour détecter l'humidité.
Transport	Pare-brise photochrome.
Cosmétique	Fond de teint photochrome, dont la couleur fonce avec le soleil et qui devient écran solaire.
Mode	Des vêtements colorés par des photochromes qui changent de couleur avec le soleil.
Art	Une œuvre d'art « dynamique » dont les couleurs changeraient avec la température ou l'insolation ou d'une tension électrique (matériaux électrochromes).

BILAN Rédiger

De nombreux facteurs peuvent modifier la couleur d'un milieu. On pense aux rayons UV responsables du bronzage de la peau, à l'acidité qui change la couleur de certaines solutions, à l'action chimique de l'eau oxygénée ou de l'eau de Javel qui décolorent les cheveux ou les textiles, à la température qui modifie la couleur des thermochromes et à l'humidité qui joue sur les « hydrochromes ».

3. Synthèse additive

Doc. 1 Réaliser la synthèse additive des couleurs

Réponses aux questions

1. Observer

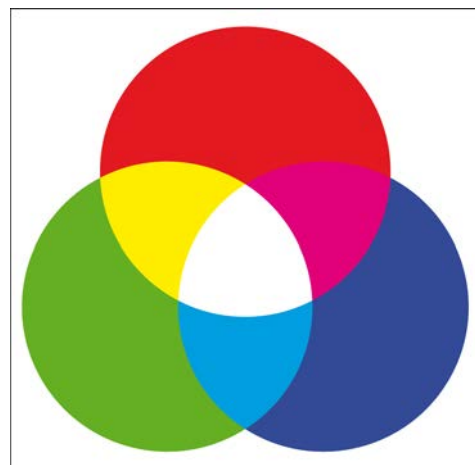
Les observations permettent de dessiner le schéma ci-contre.

2. Mettre en relation

On a distingué (chapitre 3) trois types de cônes sensibles chacun à des longueurs d'ondes différentes : dans le rouge, dans le vert et dans le bleu.

Lorsque de la lumière blanche pénètre dans l'œil, ces trois types de photorécepteurs sont stimulés en même temps et le cerveau reçoit simultanément trois *stimuli*. Le cerveau interprète la « superposition » ou « l'addition » de ces *stimuli* et « identifie » la lumière blanche.

C'est pourquoi on parle de « synthèse additive ».



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

Doc. 2 Couleurs complémentaires et cercle chromatique

Réponses aux questions

3. Observer

La couleur complémentaire du jaune est le bleu (voir sur le cercle chromatique la couleur diamétralement opposée).

4. Déduire

Jaune et bleu sont complémentaires, donc leur synthèse additive donne du blanc.

Blanc + rouge donnera du rouge.

Doc. 3 Les couleurs d'un écran lumineux

Réponses aux questions

5. Comprendre

À l'aide d'une loupe, on peut établir les correspondances :

zone ❶ = grossissement b ;

zone ❷ = grossissement a ;

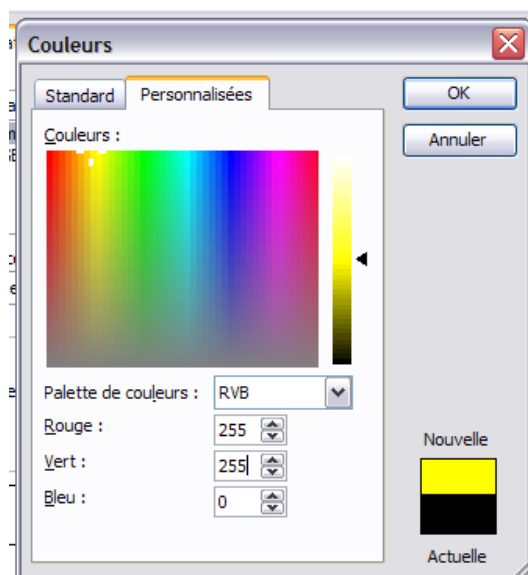
zone ❸ = grossissement c.

6. Observer

Pour une couleur jaune, les photophores « allumés » sont les rouges et les verts.

7. Déduire

On peut donc créer une couleur jaune en superposant du rouge et du vert, et en éliminant totalement la composante bleue.



Doc. 4 La persistance rétinienne

Réponses aux questions

8. Interpréter

Les différents secteurs du disque tournent très vite ; si un secteur remplace le voisin au bout d'un intervalle de temps inférieur à 0,1 s, les cellules photoréceptrices de la rétine restent stimulées en même temps et envoient au cerveau une information « blanc ». La photographie donne également cette même illusion car le temps de « pause » est également très bref.

Remarque et prolongement : les trois types de cônes n'ont pas le même « temps de réponse », c'est-à-dire que la persistance de la stimulation (persistance rétinienne) n'est pas rigoureusement identique pour ces trois types de cônes. Ce phénomène amène à observer des illusions colorées lors de la rotation rapide de disques noirs et blancs ; il s'agit des disques dits de « Fechner – Benham » :

<http://lite.bu.edu/vision-flash10/applets/Color/Benham/Benham.html>

Ces expériences peuvent être réalisées avec des toupies sur lesquelles on a collé les disques choisis.

BILAN Rédiger

La synthèse additive de deux couleurs complémentaires donne du blanc.

Pour obtenir du blanc, il suffit donc de superposer des lumières de couleurs complémentaires :

- Vert + Magenta ;
- Bleu + Jaune ;
- Rouge + Cyan.

4. Synthèse soustractive

Doc. 1 Soustraire des couleurs

Réponses aux questions

1. Schématiser

L'élève doit schématiser le dispositif monté en classe du type :

{source de lumière blanche} → {solution colorée} → {système dispersif} → {spectre}.

L'utilisation de crayons de couleur est fortement conseillée pour ce schéma.

2. Observer

Il faut comparer les spectres des documents b et c au spectre du document a.

Sur le document b, on voit que la solution bleue utilisée « soustrait » le jaune et le rouge.

Sur le document c, on voit que la solution jaune « soustrait » le bleu.

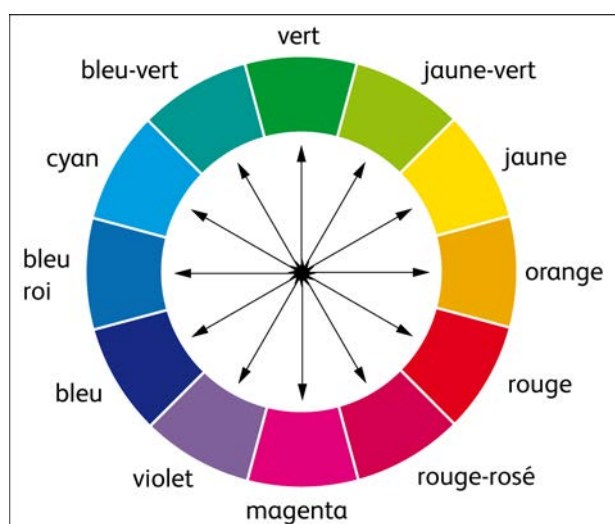
3 Interpréter

La couleur bleue est la couleur complémentaire du jaune : une solution jaune « soustrait » à une lumière blanche la lumière complémentaire du jaune, c'est-à-dire le bleu.

Pour le document b, on voit que, suivant la nuance du bleu choisi, la complémentaire va du jaune au rouge, ce qui est en accord avec la précédente observation : une solution colorée « soustrait » à la lumière blanche sa couleur complémentaire.

4. Appliquer

La couleur complémentaire du magenta – diamétralement opposée sur le cercle chromatique – est le vert : la couleur soustraite est donc le vert.



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

Doc. 2 La couleur en imprimerie

Réponses aux questions

5. Lire

Il s'agit de synthèse soustractive.

6. Observer & 7. Mettre en relation

Un point bleu soustrait le rouge et le vert et un point jaune soustrait le bleu : aucune lumière ne sera diffusée, le point est noir. En revanche, un point cyan (qui soustrait le rouge) et un point jaune (qui soustrait le bleu) donnent une impression de vert.

8. Rechercher

L'encre noire peut être remplacée par la superposition des trois encres jaune, cyan et magenta. Mais le dosage est délicat pour avoir une bonne coloration noire ; les pigments de couleur sont souvent chers et on préfère donc ajouter une quatrième encre, l'encre noire.

Doc. 3 Les ombres colorées

Réponses aux questions

9. Analyser

Le côté droit envoie de la lumière verte ; le côté gauche de la lumière rouge et le filtre bleu est au milieu : l'ombre du milieu est de la couleur complémentaire du bleu, c'est-à-dire jaune.

10. Interpréter

Nous vérifions que l'ombre est donc de la couleur complémentaire de la lumière éclairant le sujet.

L'ombre de gauche – éclairée par le faisceau de droite vert – est magenta

L'ombre de droite – éclairée par le faisceau de gauche rouge – est cyan.

BILAN Rédiger

Le rouge absorbe le vert et le bleu ; le bleu absorbe le vert et le rouge ; le jaune absorbe le bleu. Réalisons un tableau des différents mélanges possibles.

Mélange	Absorbe	Couleur restante
Rouge + Bleu	Vert, bleu, rouge	Aucune
Rouge + Jaune	Vert, bleu	Rouge
Bleu + Jaune	Vert, rouge, bleu	Aucune
Rouge + Bleu + Jaune	Vert, bleu, rouge	Aucune

Le magenta et le cyan ne peuvent pas être obtenus par ces mélanges.

5. Couleurs et mélanges

Doc. 1 Une peinture à l'ancienne

Réponses aux questions

1. Interpréter

Le liant durcit au cours du séchage ; on emploie le terme « siccatif » qui signifie qu'il sèche ; il s'agit en général d'une réaction de polymérisation.

Remarque : une peinture à l'huile ne sèche pas si on utilise une huile saturée qui ne polymérise pas ; les huiles conseillées en peinture sont très insaturées (huile de lin, d'œillette...).

2. Aller plus loin

Les oxydes métalliques ont en général un caractère légèrement basique : ils sont susceptibles de réagir, très lentement, avec les triglycérides dans une réaction de saponification ; il va se former des savons de zinc, de cuivre, qui provoquent des boursouffures et des décolorations sur les toiles très anciennes.

Doc. 2 Mélanger les pigments

Réponses aux questions

3. Rechercher

Colorant PB 29 : alumino sulfosilicate de sodium bleu d'outremer $\text{Na}_6\text{Al}_4\text{Si}_6\text{S}_4\text{O}_{20}$.

4. Interpréter

Lorsqu'on mélange des pigments, on réalise une synthèse soustractive : chacun des pigments soustrait des couleurs à la lumière éclairant le mélange.

Doc. 3 Identifier des mélanges de colorants

Réponses aux questions

5. Décrire

On voit que l'éthanol dissout et entraîne les colorants dans le tissu qu'il mouille. Tous les colorants ou pigments ne sont pas entraînés à la même vitesse.

6. Observer

L'encre rouge contient des colorants de différentes nuances de rouge.

L'encre bleue contient du bleu – qui a migré loin – et du violet qui n'a pas été entraîné.

L'encre noire contient du rouge, du bleu, et du vert.

7. Interpréter

On identifie dans l'encre noire du colorant rouge, du bleu et du vert.

Le colorant rouge absorbe les lumières verte et bleue.

Le colorant bleu absorbe les lumières rouge et verte, le colorant vert absorbe les lumières bleue et rouge. Ainsi, le mélange de ces colorants absorbe le rouge, le vert et le bleu : il ne diffuse aucune lumière ; c'est du noir.



© Frédéric Hanoteau.

Doc. 4 Mélanger les pigments

Réponses aux questions

8. Interpréter

Les deux liquides, eau très sucrée et acétone, ne sont pas miscibles ; le moins dense surnage. La densité de l'acétone est $d = 0,8$; celle de l'eau sucrée (sirop) est $d = 1,1$. C'est donc l'acétone qui surnage.

Sur la photographie de droite, on voit que le colorant bleu-cyan surnage, il s'est donc dissout en partie dans l'acétone.

9. Interpréter

Le sirop contient au moins deux colorants : bleu-cyan et vert ou bleu-cyan et jaune. Ici les photographies ne nous permettent pas de trancher.

10. Conclure

Il s'agit ici de synthèse soustractive.

BILAN Rédiger

Les deux techniques classiques qui permettent de mettre en évidence les différents pigments ou colorants d'un mélange sont d'une part, l'extraction par solvant (voir doc. 4) et d'autre part la chromatographie (voir doc. 1) : les colorants sont séparés par leur différence d'affinité avec un solvant qui les entraîne sur un support (plaque, tissus, papier).

Correction des exercices

4. Couleur et pH

1. La couleur d'un même produit n'est pas la même dans des solutions de pH différents : le facteur influant mis en évidence est le pH, qui quantifie le caractère acide ou basique d'une solution.

2. Si la couleur du jus de chou-rouge vire au bleu, cela correspond à un pH de 7 à 9 : il s'agit d'une solution basique.

5. La bouteille bleue

Parmi les facteurs proposés, le seul pouvant agir est le dioxygène de l'air du récipient (réponse d). En effet, ni le pH, ni la température, ni l'éclairage, ni le solvant (c'est de l'eau) ne varient.

6. Azurant optique

La couleur naturelle du papier est un peu jaune : le papier diffuse les lumières rouge et verte. Pour que le papier diffuse une belle lumière blanche, il faut lui incorporer un additif qui diffuse le bleu : en effet, lumière jaune (rouge + vert) + lumière bleue = lumière blanche.

7. Les couleurs d'un écran

1. La superposition de lumières Rouge + Vert + Bleu donne le blanc.
2. Le secteur A est blanc (trois couleurs primaires de la vision).
Le secteur B est magenta (superposition Bleu + Rouge).

8. Analyser un chromatogramme

L'encre C est un mélange d'encre jaune et d'encre bleu-cyan car on observe une tache bleu-cyan et une tache jaune sur le chromatogramme. Cette encre est verte (synthèse soustractive).

9. Rôle de la rétine

1. Un paysage enneigé au soleil diffuse une lumière éblouissante et blanche : les trois types de cônes sont sollicités, les rouges, les verts et les bleus.
2. L'objet cyan absorbe le rouge et diffuse le bleu et le vert : les cônes sollicités sont les cônes bleus et les cônes verts.
3. Éclairé en lumière verte, cet objet renvoie le vert et paraît donc vert ; les cônes sollicités sont les cônes verts.
4. Les cônes qui absorbent le rouge doivent être de couleur complémentaire, c'est-à-dire cyan.

Histoire des sciences

10. La découverte des couleurs primaires par Young

1. Le filtre qui laisse passer le bleu absorbe les radiations vertes et les radiations rouges.
 2. Les « capteurs » évoqués par Young sont les cellules de la rétine sensibles aux couleurs rouge/vert/bleu : ce sont les cônes rétinien.
- Lorsque l'on perçoit une couleur jaune, les « capteurs » verts et rouges sont activés.

Sciences et jardinage

11. Les fleurs noires

1. La couleur des anthocyanes est influencée par le pH.
2. La coloration noire de ces fleurs n'est pas durable et vire vers une nuance peu appréciée ; d'autre part, ces fleurs noires fanent plus vite que les fleurs d'une autre couleur.
3. Ces anthocyanes sont d'une couleur « bleue très sombre » ; pour faire un vrai « noir », il faut lui rajouter sa couleur complémentaire : {vert + rouge} soit du jaune.

Chapitre 5. La chimie de la perception

Manuel pages 75 à 88

Objectifs généraux

La perception visuelle dépend de la transmission des messages nerveux de cellule en cellule. Cette transmission s'effectue par l'intermédiaire de substances chimiques appelées neurotransmetteurs. Certaines substances, qui modifient la transmission du message, peuvent provoquer des illusions et des hallucinations et leur consommation provoque différents troubles à différentes échelles (cellule, individu).

Choix pédagogiques

La progression choisie repose sur les trois idées clés du programme et se décline en trois activités.

Activité 1 : on étudie la transmission du message nerveux de cellule en cellule. Après avoir vu que le message nerveux qui se propage le long d'une fibre est de nature électrique, on constate que ces deux cellules sont séparées par un espace qui empêche la transmission électrique. On envisage ensuite comment s'effectue cette transmission entre deux neurones.

Activité 2 : la compréhension du fonctionnement synaptique permet de comprendre comment certaines drogues perturbent le fonctionnement synaptique, notamment par analogie structurale avec des molécules synaptiques. On s'appuie sur deux exemples : le LSD et l'ecstasy.

Activité 3 : La consommation de drogues hallucinogènes a diverses conséquences qui peuvent être cérébrales mais aussi plus générales en modifiant le comportement global de l'individu, mettant parfois en danger d'autres individus que le consommateur lui-même.



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Neurosciences, Dale Purves, George J. Augustine, David Fitzpatrick, 3^e édition, 2005 (4^e édition, 2011), De Boeck.

Neurophysiologie, Organisation et fonctionnement du système nerveux, D. Richard, D. Orsal, 3^e édition, 2007, Éditions Dunod.

Le cerveau, POUR LA SCIENCE, 1982.

Les drogues et le cerveau, POUR LA SCIENCE, 1983.

Physiologie du neurone, Tryisch, Chesnoy-Marchais, Feltz, Éditions Doin, 1998.

Articles et publications

Altered Serotonin Innervation Patterns in the Forebrain of Monkeys Treated with (6) 3,4-Methylenedioxymethamphetamine Seven Years Previously : Factors Influencing Abnormal Recovery, George Hatzidimitriou, Una D. McCann, George A. Ricaurte, THE JOURNAL OF NEUROSCIENCE, 15 juin 1999, volume 19, n° 12: pp. 5096-5107.

In Vivo Detection of Short- and Long-Term MDMA Neurotoxicity — A Positron Emission Tomography Study in the Living Baboon Brain, Ursula Scheffel, Zsolt Szabo, William B. Mathews, Paige A. Finley, Robert F. Dannals, Hayden T. Ravert, Katalina Szabo, Jie Yuan and George A. Ricaurte, SYNAPSE, juin 1998, volume 29, n° 2, pp. 183–192.

Drogues et dépendances, Le livre d'information, Éditions INPES.

Le cerveau, LES DOSSIERS DE LA RECHERCHE, n° 40, août 2010.

La drogue et le cerveau, SCIENCES &VIE Hors Série n° 217, décembre 2001.

Le point sur quelques drogues toxicomanogènes, Gandolfo, Arnaud, APBG, avril 1999

Sites internet

<http://lecerveau.mcgill.ca/>

<http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/>



Corrigés des doubles pages d'activités

1. De neurone en neurone

Doc. 1 Propagation le long d'une fibre

Réponses aux questions

1. Observer

L'électroencéphalogramme montre une activité électrique du cerveau. La nature électrique du message transmis se retrouve à l'échelle cellulaire puisqu'on peut enregistrer un message de nature électrique sur les fibres.

Remarque. Ce sont des potentiels d'action que l'on peut enregistrer sur un oscilloscope.

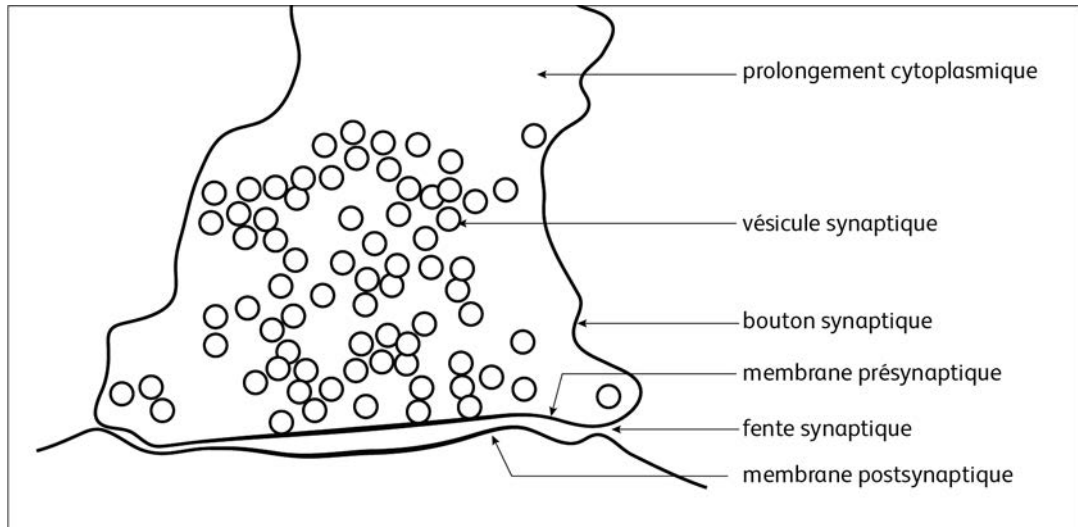
Doc 2 Zone de contact entre deux cellules nerveuses

Réponses aux questions

2. Observer

On constate sur l'électronographie la présence de vésicules synaptiques dans le compartiment présynaptique ou bouton synaptique. Le compartiment postsynaptique ne présente pas de vésicules.

3. Schématiser



4. Interpréter

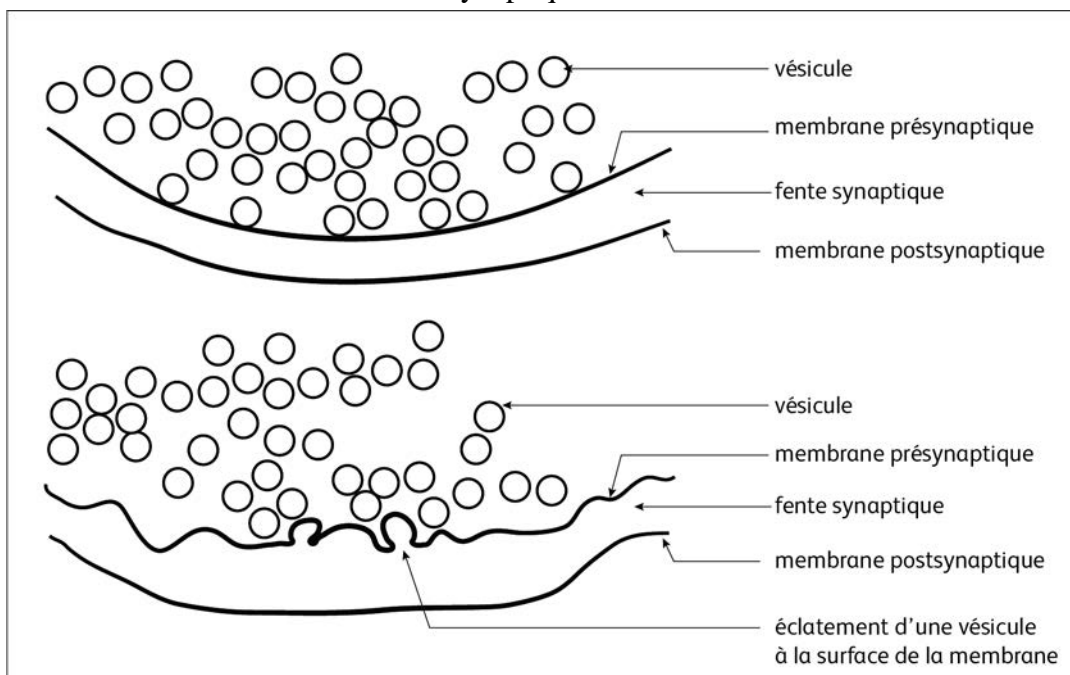
Il existe un espace appelé fente synaptique entre deux neurones ; le message électrique ne peut donc pas franchir une synapse sous cette forme.

Doc 3 Transmission du message nerveux dans la zone de contact

Réponses aux questions

5. Observer

On constate une modification de la membrane présynaptique et de la fente synaptique qui est plus large. Lors de l'arrivée du message nerveux, des vésicules, auparavant contenues dans le bouton synaptique, fusionnent avec la membrane présynaptique et éclatent à sa surface libérant leur contenu dans la fente synaptique.



6. Observer

Le message circule du compartiment présynaptique, qui libère les molécules contenues dans les vésicules, vers le compartiment postsynaptique capable de fixer ces molécules.

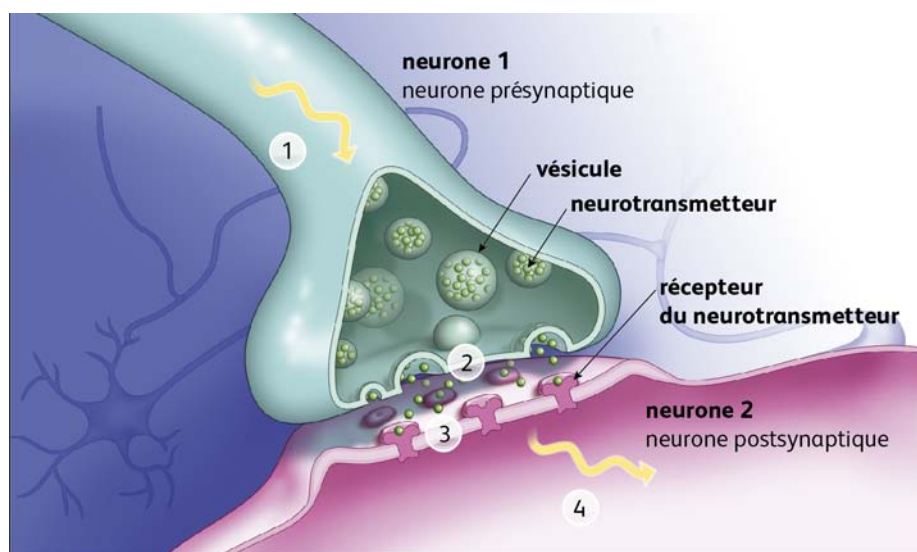
7. Interpréter

Le message est transmis sous forme de neurotransmetteurs dans la fente synaptique.

8. Interpréter

Les neurotransmetteurs sont des substances chimiques, auparavant contenues dans les vésicules : le message est donc de nature chimique entre deux cellules.

9. Mettre en relation



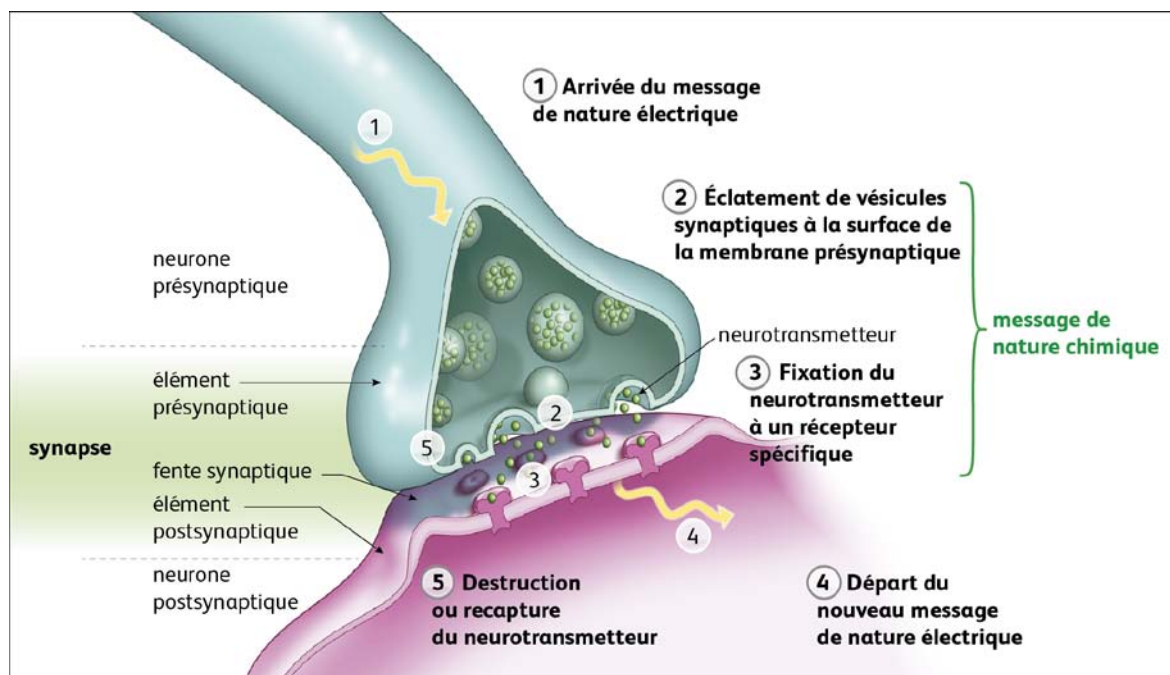
1 : Arrivée du message nerveux de nature électrique le long de la fibre.

2 : Déplacement des vésicules et éclatement à la surface de la membrane présynaptique.

3 : libération des molécules de neurotransmetteurs dans la fente synaptique.

4 : Fixation des molécules de neurotransmetteurs sur les récepteurs de la membrane postsynaptique et élaboration d'un nouveau message de nature électrique.

BILAN Rédiger



2. Une transmission perturbée

Doc. 1 Les effets de certaines molécules sur le système nerveux

Réponses aux questions

1. Réfléchir

Le fonctionnement synaptique repose sur la libération des neurotransmetteurs par le bouton synaptique dans la fente synaptique et leur fixation sur les récepteurs de la membrane postsynaptique. Les molécules de neurotransmetteurs sont ensuite recapturées ou détruites. On peut donc formuler plusieurs hypothèses sur l'action de substances sur le fonctionnement synaptique.

- Elles peuvent bloquer la libération de neurotransmetteurs ou, au contraire, la favoriser.
- D'autre part, elles peuvent agir directement dans la fente synaptique en se fixant sur les récepteurs ou en modifiant la recapture ou la destruction du neurotransmetteur. Le message nerveux transmis est modifié, il peut être amplifié ou diminué.

Doc. 2 Des hallucinations visuelles

Réponses aux questions

2. Observer

Les caractéristiques des images observées par le chimiste Hoffman sont de deux types.

1/Ce sont des images réelles modifiées : « était déformé comme dans un miroir tordu », « les objets familiers prirent des formes grotesques », « ils étaient empreints d'un mouvement constant ».

2/Ce sont des images qui n'existent pas dans la réalité et ne proviennent pas de la modification d'éléments existant : « des images multicolores, fantastiques arrivaient sur moi en se transformant à la manière d'un kaléidoscope ».

Dans le premier cas, il s'agit d'illusions visuelles et dans le second cas, d'hallucinations visuelles.

Doc. 3 LSD et transmission de l'information nerveuse

Réponses aux questions

3. Interpréter

On constate que le LSD possède une forme en partie similaire à celle d'un neurotransmetteur : la sérotonine. La partie commune aux deux molécules est la portion de la molécule capable de se fixer sur le récepteur de la membrane postsynaptique. On peut donc supposer que le LSD peut se fixer sur les mêmes récepteurs que la sérotonine.

4. Interpréter

La sérotonine est libérée dans les fentes synaptiques lors de l'arrivée de messages nerveux issus de la rétine. Elle est notamment libérée dans des relais cérébraux qui sont d'importantes zones de synapses sur le trajet du message nerveux entre rétine et cortex visuel. Le LSD se trouve en quantité importante dans ces relais, il est capable de se fixer sur les récepteurs postsynaptiques engendrant de nouveaux messages qui ne proviennent pas de la rétine mais arrivent aux aires visuelles et modifient la perception visuelle.

Doc. 4 Ecstasy et fonctionnement synaptique

Réponses aux questions

5. Observer

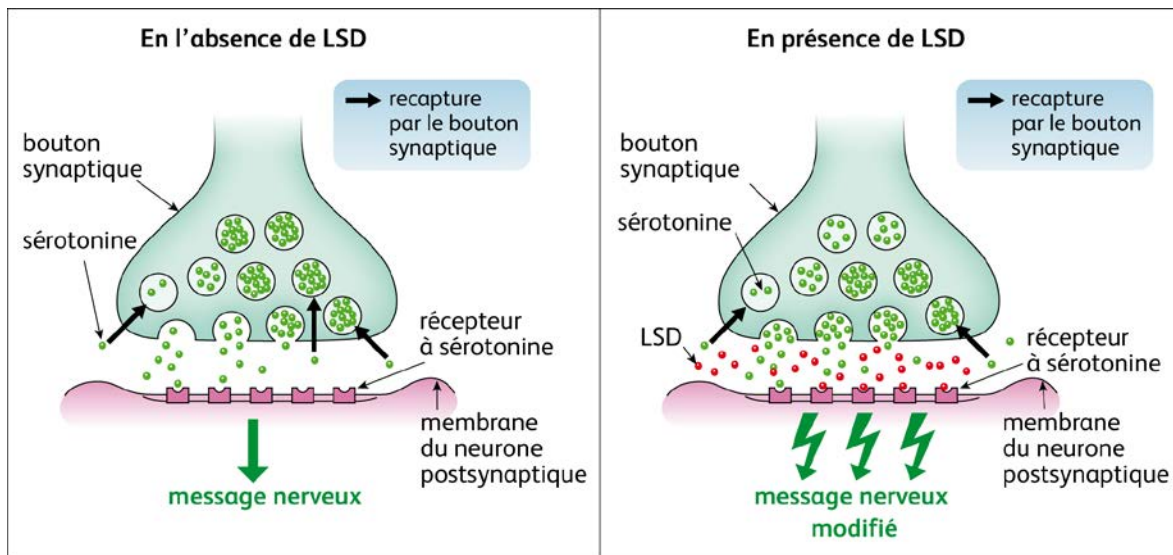
En présence d'ecstasy, la recapture de la sérotonine est perturbée et une quantité plus importante de neurotransmetteur se trouve dans la fente synaptique. D'autre part, des molécules d'ecstasy sont fixées sur les récepteurs postsynaptiques.

6. Interpréter

Dans les deux cas, LSD ou ecstasy, le fonctionnement synaptique est perturbé et les messages transmis sont modifiés. Ces deux drogues agissent au niveau des mêmes synapses qui ont pour neurotransmetteur la sérotonine et sont notamment situées dans les relais cérébraux entre rétine et aires visuelles. La perception visuelle est modifiée.

En revanche, leurs modes d'action diffèrent : le LSD agit essentiellement par analogie structurale avec la sérotonine, alors que le rôle principal de l'ecstasy est de modifier la recapture du neurotransmetteur.

BILAN Schématiser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Les dangers des drogues

Doc. 1 Des conséquences cérébrales

Réponses aux questions

1. Savoir

Les aires visuelles sont activées lorsqu'arrivent des messages nerveux issus de la rétine.

2. Observer

Le LSD modifie, rapidement après la prise, les messages qui arrivent dans les aires visuelles. Cependant, les effets hallucinatoires peuvent perdurer des années et resurgir plusieurs années après : ce sont les « flash-backs » qui peuvent provoquer des troubles psychiatriques.

Doc. 2 Drogues et accoutumance

Réponses aux questions

3. Observer

On constate que la quantité de sérotonine dans le cerveau des rats ayant reçu de la sérotonine est toujours plus faible que la quantité présente dans le cerveau de rats témoins. Cette quantité est d'autant plus faible que la dose d'ecstasy administrée est importante.

4. Interpréter

Lors de l'accoutumance, l'organisme tolère de mieux en mieux la substance, ici l'ecstasy, et y réagit de moins en moins fortement. On constate que la densité des récepteurs à sérotonine est beaucoup plus faible dans le cortex des babouins ayant reçu de l'ecstasy. En mettant en parallèle ces informations : diminution de la quantité de sérotonine et du nombre de récepteurs, on comprend pourquoi il y a accoutumance.

Les effets de l'ecstasy reposent sur l'inhibition de la recapture de la sérotonine et la fixation sur les récepteurs de la membrane postsynaptique. À dose d'ecstasy identique, les effets sont moindres puisqu'il y a moins de neurotransmetteurs et de récepteurs disponibles.

Doc. 3 Des conséquences sur le fonctionnement général de l'organisme

Réponses aux questions

5. Saisir des informations

On peut voir que la prise d'ecstasy peut entraîner une élévation de température, des troubles digestifs et une forme de dépression. Ces perturbations touchent le fonctionnement général de l'organisme.

Doc. 4 Des conséquences sociétales

Réponses aux questions

6. Analyser

Le nombre de mauvaises réactions au pilotage est en moyenne de 90 chez des sujets témoins alors qu'il est supérieur à 150, 15 minutes après la prise de cannabis. Ce nombre de mauvaises réactions reste supérieur au sujet témoin pendant 48 heures. Les mauvaises réactions traduisent une perturbation du fonctionnement cérébral sur lequel repose la conduite.

7. Interpréter

Les mauvaises réactions de pilotage dues à la prise de cannabis peuvent mettre en danger d'autres personnes que le consommateur lui-même si celui-ci prend le volant. Il peut alors mettre en jeu la vie de ses passagers, mais également d'autres automobilistes.

BILAN Rédiger

À l'échelle cellulaire, la prise de drogues modifie le fonctionnement synaptique : des quantités plus importantes de neurotransmetteur peuvent se retrouver dans la fente synaptique par inhibition de la recapture par exemple (ecstasy). Aux quantités de neurotransmetteurs produites par les cellules peuvent aussi s'ajouter les molécules de substances hallucinogènes capables de se fixer sur la membrane postsynaptique. Le fonctionnement synaptique est modifié.

À l'échelle de l'organisme, cela provoque des modifications de la perception visuelle (illusions et hallucinations) dans le cas des drogues hallucinogènes mais également d'autres troubles (modifications de la température, dépression...).

Correction des exercices

4 Cocaïne et dépendance

1. On constate que la quantité de dopamine libérée par les cellules nerveuses augmente très fortement après l'administration de cocaïne. On peut supposer que la cocaïne stimule la libération de ce neurotransmetteur en favorisant l'exocytose ou bien que la recapture du neurotransmetteur est inhibée, augmentant ainsi la quantité de neurotransmetteurs dans les fentes synaptiques.
2. Lors de la deuxième administration, la quantité de dopamine présente dans les fentes synaptiques est nettement moins importante, l'effet provoqué par la prise d'une dose identique est donc moins fort : on parle de tolérance.
3. La cocaïne bloquant la recapture de dopamine par les boutons synaptiques, on peut supposer que la quantité de dopamine contenue dans les extrémités des cellules est donc de plus en plus faible. Une quantité plus faible de dopamine est libérée lors de la prise de cocaïne et donc, même en l'absence de recapture, la quantité dans la fente synaptique est plus faible.

5. Illusions et hallucinations

1. Les aires visuelles sont normalement activées lorsqu'elles reçoivent des messages issus de la rétine capable de transformer un *stimulus* visuel en message nerveux.
2. Les aires cérébrales activées sont des aires visuelles. L'individu a donc des perceptions visuelles alors qu'il n'y a pas d'objets à percevoir : ce sont des hallucinations.
3. Voir le manuel page 79.
4. Le LSD est capable de se fixer sur les mêmes récepteurs que la sérotonine et modifie ainsi les messages nerveux qui se propagent.

6. Accoutumance et ecstasy

1. La quantité de sérotonine présente dans le cerveau passe de 100 % à 90 % ; 80 % ; 50 % et 15 % de la valeur témoin après 1 à 4 injections d'ecstasy. Simultanément, la densité de récepteurs chute à 40 %. Cette drogue provoque donc la diminution de la quantité de neurotransmetteurs (sérotonine) ainsi que de la densité de récepteurs capables de le fixer dans le cortex étudié.
2. Afin de continuer à obtenir des effets similaires lors de la prise de la drogue, la dose doit être augmentée car l'organisme répond de moins en moins fortement à la drogue : il y a accoutumance.

Sciences et société

7. LSD et perception visuelle

1. L'absorption d'une substance est très contrôlée et on ne peut pas ingérer une substance toxique afin d'en voir les effets. Une telle méthode présente de réels dangers puisque les effets de la substance ne sont pas connus !
2. Alors que sur le premier dessin, on reconnaît très clairement une personne, on constate que le portrait est de plus en plus méconnaissable ; il ne ressemble même plus à un visage au bout de 2 heures et 45 minutes. Comme Lászlò Mátéfi essaye de répéter le même portrait, cette expérience témoigne d'une perturbation de la perception visuelle et donc du fonctionnement du système nerveux.

Chapitre 6. Vers une agriculture durable

Manuel pages 93 à 112

Objectifs généraux

L'objectif global de ce chapitre est de faire prendre conscience des enjeux mondiaux sur le plan de l'alimentation face aux contraintes de la production agricole mais aussi de montrer que les habitudes alimentaires de chacun, démultipliées des millions de fois, ont des conséquences à l'échelle mondiale.

En partant de la comparaison du fonctionnement d'un écosystème naturel et d'un agrosystème, les actions nécessaires pour atteindre les objectifs de productivité ainsi que les techniques scientifiques (amélioration génétique) seront exposées et justifiées tout en montrant que les pratiques culturales employées ont des impacts non négligeables sur les milieux et la santé humaine.

L'approche concrète et pluridisciplinaire (SVT et sciences physiques) sur le terrain trouve toute sa place dans ce chapitre et peut reposer sur la visite d'une exploitation agricole (productions végétales et/ou animale). Par l'étude des différentes interventions réalisées sur une parcelle ou le suivi simple d'un élevage, l'élève pourra être sensibilisé aux réalités des productions agricoles.

Choix pédagogiques

L'activité 1 a pour objectif de construire les notions liées à l'organisation et au fonctionnement d'un écosystème : elle permet de mettre en évidence des interactions réciproques – dont les relations trophiques. Ces relations trophiques sont à l'origine des flux de matière et d'énergie qui traversent ces systèmes biologiques (activité 2) ; parmi les caractéristiques de leur fonctionnement seront soulignés l'importance de l'énergie lumineuse pour la productivité primaire, les pertes énergétiques associées au transfert de matière à chaque niveau trophique et aussi le recyclage de la matière par les décomposeurs (exportations de matière par ailleurs très limitées).

L'activité 1 se propose aussi d'aborder la notion d'agrosystème en insistant sur la valorisation alimentaire des produits d'une culture comme le maïs : on montre que ce système biologique artificialisé doit être en permanence contrôlé par l'Homme, qui intervient sur le milieu physique et sur les êtres vivants associés à la culture. En comparant les flux de matière dans un écosystème naturel et dans un agrosystème (activité 2), on montrera le déséquilibre lié aux exportations de matière dans l'agrosystème, justifiant ainsi les apports d'engrais nécessaires pour atteindre les objectifs de productivité. Sur la plan énergétique, sera mise en évidence la nécessité d'injections sous forme de combustibles fossiles, d'électricité..., paramètres ajustables et optimisables influant sur le rendement énergétique de l'agrosystème.

L'étude de l'agrosystème ferme d'élevage (activité 3) s'appuie sur la connaissance des flux naturels de matière et d'énergie vus dans l'activité 2 et vise à montrer que la position de l'Homme dans la chaîne alimentaire influe sur le rendement énergétique de la production de

l'aliment consommé (viande ou végétal). Les habitudes alimentaires variant suivant la géographie ou les coutumes, cette activité vise à faire prendre conscience des implications globales (émission de GES) de pratiques alimentaires caractérisées par une forte consommation de viande (pays occidentaux).

Les gains nécessaires de productivité passent également par une mise en application des connaissances scientifiques en matière de génétique (activité 4) : on montrera ainsi les avantages et les limites de techniques comme la sélection- hybridation, le transfert de gènes et le clonage animal.

Pour produire des végétaux destinés à nourrir l'Homme et/ou les animaux, l'emploi excessif d'intrants n'est pas sans conséquences sur les milieux naturels (activité 5) ; la réduction de ces effets néfastes passe par l'amélioration des techniques et pratiques culturelles (activité 6).



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Les Bases de la production végétale — Volume 1 : Le sol et son amélioration, D. Soltner, Éditeur D. Soltner, Collection Sciences et techniques agricoles, Agronomie.

Les Bases de la production végétale — Volume 2 : Le climat, D. Soltner, Éditeur D. Soltner, Collection Sciences et techniques agricoles, Agronomie.

Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers : pour garder les sols et filtrer l'eau, Éditeur D. Soltner, Collection Sciences et techniques agricoles, Agronomie.

Précis d'écologie, Roger Dajoz, collection Sciences Sup, 8^e édition, 2006, Éditions Dunod.

Écologie, Robert E. Ricklefs et Gary L. Miller, De Boeck.

Sites internet

<http://www.cetiom.fr/index.php?id=13956>

<http://www.agriculture-de-conservation.com/>

www.arvalisinstitutduvegetal.fr/

www.institut-betterave.asso.fr/

www.actu-environnement.com/

www.fnab.org/

http://www.inra.fr/les_recherches/

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Écosystème naturel et agrosystème

Doc. 1. L'écosystème forestier

Réponses aux questions

1. Analyser

Deux grands types d'interactions sont visibles :

- les interactions entre le milieu physico-chimique (sol, climat) et l'ensemble des êtres vivants (il y a bien réciprocité car le lombric, par sa consommation de feuilles mortes (décomposition), agit sur les facteurs du sol) ;
- les interactions à l'intérieur de cet ensemble formé par les êtres vivants : consommation du chêne par les larves, elles-mêmes soumises à la prédation du pic ; parasitisme du chêne par l'oïdium ; compétition pour la lumière entre les jeunes arbres.

Doc. 2. Deux catégories de cellules photoréceptrices

Réponses aux questions

2. Analyser

Le travail du sol permet d'ameublir le sol pour permettre l'implantation du maïs (cf. exigences de profondeur).

La fertilisation permet d'enrichir le sol en minéraux indispensables à la croissance du maïs.

Irrigation : action sur les facteurs climatiques pour augmenter la productivité (exigences liées au milieu d'origine du maïs).

Herbicides, insecticides, fongicides : suppression de la faune, des champignons et des herbes concurrentes associés à la plante cultivée.

Récolte : prélèvement de la matière produite par la plante cultivée dans le système.

3. Interpréter

L'objectif commun est de favoriser la productivité du champ, en permettant une croissance optimale de la plante.

4. Conclure

L'agrosystème est un système totalement géré par l'Homme qui agit à la fois sur le milieu physique (fertilisation du sol, irrigation, travail du sol) et sur les êtres vivants (suppression des consommateurs, parasites et concurrents).

BILAN Rédiger

Sans interventions humaines, le maïs ne serait qu'un producteur primaire possédant des exigences de milieu non remplies intégralement dans la plupart des parcelles françaises ; il cohabiterait avec des êtres vivants qui viendraient limiter et concurrencer sa productivité. Ce

système de production mis en place par l'Homme ne peut donc fonctionner sans ses interventions répétées dont l'objectif commun est de favoriser la croissance de la plante cultivée. Ce constat s'oppose à celui réalisé dans un écosystème : l'énergie solaire suffit au fonctionnement de ce système naturel où l'Homme n'intervient que très peu.

2. Flux de matière et d'énergie

Doc 1. Bilan de matière

Réponses aux questions

1. Interpréter

Exemple du phosphore : dans un agrosystème, sans fertilisation, il y aura approximativement épuisement du stock naturel au bout d'une vingtaine d'années. Les importations sous forme d'engrais permettent donc de préserver la fertilité du sol en reconstituant le stock d'élément minéral.

2. Analyser

L'apport raisonné d'engrais permet donc :

- de préserver la fertilité du sol ;
- de garantir des objectifs de production quantitatifs (rendement) et qualitatifs (exemple : teneur en protéines pour le blé).

Doc. 2 L'eau, élément indispensable

Réponses aux questions

3. Lire

Dans un agrosystème l'eau provient de deux origines :

- origine liée aux caractéristiques du milieu : précipitations, évaporation et capacité de rétention du sol ;
- origine anthropique : apport par l'Homme via l'irrigation.

Dans l'écosystème naturel, l'eau ne provient que de la première origine.

4. Expliquer

L'irrigation peut constituer une voie de « détournement » d'eau potable (utilisation domestique) vers l'agriculture.

Doc. 3 Le devenir de l'énergie dans un écosystème

Réponses aux questions

5. Observer

Plus le niveau trophique est élevé, plus la production diminue. Ceci traduit nettement les pertes énergétiques associées au transfert de la matière dans la chaîne alimentaire.

Sur le plan énergétique, un écosystème montre donc de fortes déperditions compensées par des entrées permanentes d'énergie solaire renouvelables.

Doc. 4 L'énergie dans l'agrosystème « champ de maïs »

Réponses aux questions

6. Calculer

Entrées : $63\,611 \times 10^3$ kJ/ha/an

Sorties : $116\,237 \times 10^3$ kJ/ha/an.

7. Mettre en relation

Contrairement à un écosystème naturel, un agrosystème nécessite pour son fonctionnement non seulement l'énergie solaire indispensable à la photosynthèse de la plante, mais surtout des injections d'énergie (en particulier des énergies fossiles).

BILAN Rédiger

Pour produire de la biomasse végétale, les travaux réalisés sur la parcelle, ainsi que la production et le transport des produits phytosanitaires et des engrais sont deux exemples montrant qu'une injection d'énergie autre que l'énergie solaire est nécessaire.

Cette énergie injectée l'est sous forme de combustibles fossiles d'où l'expression « nous mangeons du pétrole »

3. Pratiques collectives et conséquences globales

Doc. 1 Devenir du maïs dans deux agrosystèmes

Réponses aux questions

1. Calculer

Agrosystème « champ de maïs » : $\frac{85}{4,1} = 20$; 1 ha de cet agrosystème nourrit 20 hommes en un an.

Agrosystème de type « élevage » : $\frac{10,5}{4,1} = 2,6$; 1 ha de cet agrosystème nourrit 2,6 hommes en un an.

2. Interpréter

La production de viande implique des dépenses énergétiques supplémentaires (fuel en particulier) mais aussi conditionnement, transport des aliments des animaux par exemple, ainsi que des besoins en eau très importants. On en conclut que produire, donc consommer, des aliments d'origine animale a un impact écologique plus important que consommer des aliments d'origine végétale.

Doc. 2 Deux modes d'alimentation

Réponses aux questions

3. Analyser

Ration d'un Indien : consommation importante de céréales mais consommation de produits animaux très faible par rapport à la ration d'un États-Unien.

Ration d'un États-Unien : consommation élevée de produits animaux mais aussi de sucre et d'huiles qui correspondent à des produits végétaux déjà transformés.

Doc. 3 L'alimentation humaine : problématique planétaire

Réponses aux questions

4. Observer

Dans l'hémisphère nord, les productions montrent une forte diversité, et surtout des volumes beaucoup plus importants que dans l'hémisphère sud.

5. Mettre en relation

Les principales zones de production de maïs se situent en Amérique du Nord, également en Asie. Les fortes demandes en cette céréale se situent en Amérique du Sud où la production ne permet pas de répondre aux besoins. D'où des flux importants de cet aliment entre ses zones de production et ses zones de forte consommation.

6. Observer

En Amérique du Sud, Océanie, Russie et Afrique, on observe que la proportion de terres arables est très faible (autour de 7 %) par rapport à d'autres zones, comme l'Amérique du Nord ou l'Europe où ces terres représentent de plus grandes surfaces.

En revanche, les zones couvertes par des forêts sont très variables et aucune tendance générale ne se dessine ; néanmoins, toutes les zones géographiques étudiées montrent une part non négligeable de terres improductives, l'Antarctique étant à ce jour totalement inexploitable pour l'agriculture.

7. Interpréter

L'« occidentalisation » des habitudes alimentaires en Asie est un exemple qui se traduit par une consommation de viande croissante et implique des flux de matières premières, destinées à nourrir les animaux, plus importants.

8. Mettre en relation

Les pratiques alimentaires restant différentes d'une zone géographique à une autre, la demande en aliments non produits dans la zone de consommation augmentant, on perçoit donc clairement les enjeux et la complexité futurs des flux mondiaux de matière destinée à nourrir les Hommes.

BILAN Rédiger

Le modèle alimentaire occidental repose en particulier sur une consommation importante de produits d'origine animale, contrairement aux pays asiatiques ou d'Amérique du Sud où la consommation de ces produits reste moindre.

En prenant en compte à la fois la croissance démographique mondiale et le coût écologique de la production de produits animaux, force est de constater que l'extension du modèle alimentaire occidental se révèle irréaliste face aux ressources limitées (énergie fossile par exemple) et vulnérables (dégradation des sols des surfaces cultivables) permettant d'assurer les productions animales.

4. Amélioration des espèces agricoles

Doc. 1 Du téosinte aux variétés hybrides de maïs

Réponses aux questions

1. Observer

On observe, de l'ancêtre sauvage aux hybrides, un accroissement de la taille de l'épi, une diminution de la masse d'un grain mais une multiplication par 10 du nombre de grains par épi.

Doc. 2 L'obtention d'hybrides

Réponses aux questions

2. Observer

Les hybrides de première génération se caractérisent par une productivité élevée, une résistance importante aux maladies et aux ravageurs,

3. Expliquer

Ce processus est plus complexe car il implique à la fois de trouver et sélectionner des végétaux ayant les caractéristiques intéressantes et d'obtenir des individus de lignée pure stables génétiquement ; l'ensemble de ces opérations peut être en réalité très long.

Doc. 3 Les plantes génétiquement modifiées

Réponses aux questions

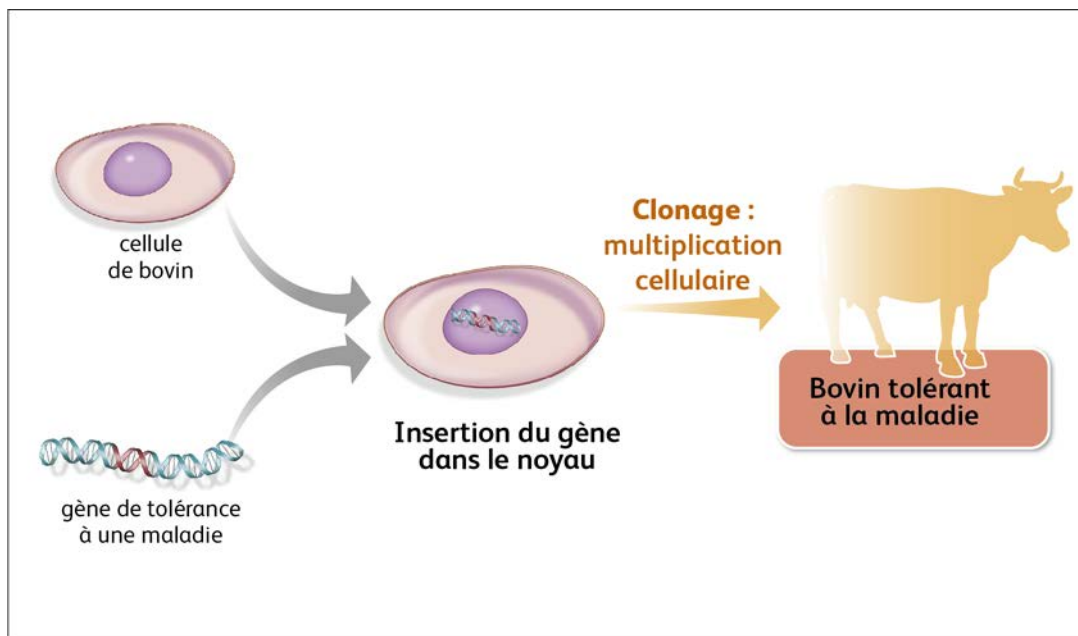
4. Lire

L'intérêt commun est une modification rapide des caractéristiques d'une plante par action directe et précise sur son génome.

Doc. 4 Amélioration des races : transfert de gènes et clonage

Réponses aux questions

5. Schématiser



BILAN Rédiger

Les hybrides de première génération se caractérisent par une productivité élevée, une résistance importante aux maladies et aux ravageurs, l'ensemble de ces caractères montrant une homogénéité remarquable dans l'intégralité de la génération.

Les modifications génétiques et le clonage permettent d'obtenir des individus (animaux et végétaux) montrant une productivité élevée (production de lait par exemple) tout en possédant des caractéristiques qualitatives exceptionnelles (valeur nutritionnelle accrue).

5. Impacts des pratiques agricoles

Doc. 1 La pollution par les nitrates

Réponses aux questions

1. Interpréter

Le surplus de nitrates dans les sols et rivières de Bretagne s'explique par l'utilisation non raisonnée d'engrais : cette « surfertilisation » entraîne un ruissellement de ces éléments vers les cours d'eaux (réseau hydrographique superficiel en Bretagne)

2. Expliquer

La prolifération d'algues s'explique alors par une confluence de ces apports de nitrates anthropiques en milieu marin via les fleuves et rivières.

Doc. 2 Pollution et chaînes alimentaires

Réponses aux questions

3. Calculer

Dans la chaîne alimentaire, une substance chimique nocive comme le DDT s'accumule dans les différents organismes et l'on observe un effet de concentration d'un facteur 5 à 10 d'un niveau à l'autre.

4. Émettre des hypothèses

Situé en bout de chaîne alimentaire, l'Homme peut accumuler cette molécule dans ses tissus ; au-dessus d'un certain seuil de toxicité, cette substance peut causer des troubles sanitaires.

Doc. 3 Utilisation de plantes génétiquement modifiées

Réponses aux questions

5. Interpréter

L'intérêt est de supprimer la concurrence de toutes les adventices sans endommager le colza.

6. Reasonner

L'inconvénient mis en évidence ici est la transmission du gène d'intérêt à une plante sauvage. Les avantages sont néanmoins nombreux tant sur le plan agronomique que sur le plan de la qualité nutritionnelle des aliments.

BILAN Rédiger

Pour produire des végétaux destinés à nourrir l'Homme et/ou les animaux, l'emploi excessif d'intrants n'est pas sans conséquences sur les milieux naturels : pollutions par les engrais et les produits phytosanitaires. Ces derniers s'accumulent dans les tissus des organismes de la chaîne alimentaire et les niveaux trophiques élevés comme l'Homme sont donc plus vulnérables à cause de leur situation en bout de chaîne.

6. Des pratiques pour une agriculture durable

Doc. 1 Des techniques alternatives

Réponses aux questions

1. Analyser

Par rapport aux deux autres techniques, l'absence de labour et le semis direct ont pour conséquences :

- une réduction du temps de travail, de l'érosion, de la consommation d'énergie (fuel) par réduction du nombre de passages et aussi d'une diminution de substances utilisées ;

- une augmentation du taux de matière organique dans le sol (favorable à la constitution du complexe argilo-humique, réservoir d'éléments minéraux), un accroissement de la quantité de lombrics, organismes détritivores participant à la décomposition de la matière organique.

Doc. 2 Exploiter les interactions végétaux/milieu

Réponses aux questions

2. Interpréter

Les bandes enherbées réglementaires ont pour objectif de réduire les « fuites » de matière de l'agrosystème vers les écosystèmes aquatiques.

Les cultures intermédiaires comme la moutarde ont un impact sur les facteurs du sol : limitation de l'érosion et enrichissement du sol en matière organique lors de l'enfouissement. Dans les deux cas, il y a limitation des pertes d'intrants potentiellement polluants hors de l'agrosystème.

Doc. 3 Favoriser les interactions au sein de l'agrosystème

Réponses aux questions

3. Interpréter

Les cultures associées permettent de limiter les effets néfastes des adventices mais aussi d'enrichir les sols en azote par le biais des symbioses (Fabacés – Rhizobiacées).

Les plantes de couverture comme la minette constituent un compromis : sans se développer exagérément au détriment de la culture, cette espèce limite assez bien le développement de plantes concurrentes.

4. Expliquer

La limitation des traitements insecticides et l'implantation de haies (pour des parcelles de petite surface) assurent le développement d'une entomofaune auxiliaire capable de réguler les populations de ravageurs (pucerons par exemple).

BILAN Rédiger

La connaissance des interactions sur lesquelles repose le fonctionnement global des écosystèmes permet donc de proposer de nouvelles pratiques culturales pour les agrosystèmes. Associées à une simplification des techniques de culture, ces méthodes doivent permettre de maintenir, voire d'accroître, la productivité tout en limitant les impacts de l'agriculture sur les milieux naturels, et la santé humaine.

Correction des exercices

4. Un agrosystème d'élevage

1. Efficacité énergétique des bovins : $\frac{50}{730} = 0,068$ soit environ 7 %.

2. Cette valeur montre que le bovin est un « mauvais convertisseur énergétique » : l'animal dispose d'une quantité importante de nourriture mais ne convertit que celle-ci qu'en une faible proportion de viande.

3. Interventions humaines : semis, fertilisation, traitements phytosanitaires de la prairie – soins vétérinaires des animaux – apports en eau – amélioration génétique des semences et de la race animale.

5. Améliorer ses pratiques culturales

1. La multiplication du manioc se fait soit par voie asexuée (bouturage), soit par reproduction sexuée (productions de graines).

2. Le défaut du bouturage est la transmission de maladies à la descendance génétiquement identique.

3. a. C'est le brassage génétique lié à la reproduction sexuée qui favorise l'apparition d'individus tous différents sur le plan génétique.

b. Parmi ces individus, certains montrent une combinaison nouvelle de caractères agronomiques favorables pour l'agriculteur.

4. Cette pratique paysanne qui s'appuie sur le bouturage, mais permet encore l'introduction de diversité, est une voie d'amélioration génétique certes empirique, mais génératrice de variétés agronomiquement intéressantes.

Sciences et Histoire

6. L'assolement triennal au Moyen Âge

1. Au Moyen Âge, la société montrait une organisation féodale.

Sur le plan agricole, les terres étaient possédées par le seigneur et parfois par le clergé. Les paysans devaient reverser tout ou partie de leur récolte à ces propriétaires terriens.

2. L'assolement triennal permettait :

- d'éviter l'épuisement d'un sol par une même culture prélevant les mêmes éléments minéraux ;
- de limiter la multiplication de maladies à cause d'une répétition d'une culture sur une même parcelle ;
- de laisser l'activité microbienne du sol restaurer la fertilité de celui-ci après avoir enfoui les résidus de récolte (jachère).

Sciences et Arts

7. Jean-François Millet et l'agriculture

Tableau de gauche : le semis, qui se déroule pour le blé tendre à l'automne.

Tableau de droite : la récolte des grains, qui se déroule pour le blé tendre en août.

Chapitre 7. Qualités des sols et de l'eau

Manuel pages 113 à 128

Choix pédagogiques

Ce chapitre de physique-chimie est jumelé avec le chapitre 6 de SVT. Tous deux forment la première sous-partie du thème « Nourrir l'humanité ». Comme son titre l'indique, ce chapitre peut être divisé en deux parties d'importance égale en nombre d'activités, en cours et en nombre d'exercices. Tout d'abord, on réalise l'étude de la qualité des sols (échanges d'ions ; composition chimique d'un engrais), puis l'étude de la qualité des eaux (composition chimique d'une eau ; potabilité d'une eau).

De nombreuses activités expérimentales sont proposées, faciles à mettre en œuvre et d'exploitation rapide.



Liens vers des sites intéressants

Le complexe argilo-humique

http://fr.wikipedia.org/wiki/Complexes_argilo-humiques

http://lamap.inrp.fr/?Page_Id=16&Action=1&Element_Id=1176&DomainScienceType_Id=5&Referrer_Id=527

Échanges ioniques à la surface du C.A.H.

<http://www.agro-systemes.com/dossier-complexe-argilo-humique.php>

Engrais et produits phytosanitaires

<http://agriculture.gouv.fr/les-produits-phytosanitaires,10583>

Composition chimique d'une eau

<http://www.orezza.fr/page3b.htm>

Potabilité d'une eau

<http://eduterre.inrp.fr/eduterre-usages/nappe/html/scenarii/scenario2.htm>

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000215649&dateTexte>

Station de potabilisation

<http://www.hydranet.net/eaux-potables.php>

http://environnement.ecoles.free.fr/Moyens_pays_PACA/approvisionnement_eau_potable.htm

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Le sol : milieu d'échanges de matière

Commentaire. L'objectif de cette double page est de faire découvrir ce qui se passe entre le sol et la solution épandue d'engrais ou de produits phytosanitaires. La chronologie des activités permet de rappeler ce qu'est une démarche scientifique : observations expérimentales des phénomènes (document 1) ; définition d'un modèle pour expliquer ces phénomènes (document 2) et modélisation à l'échelle du laboratoire (document 3).

Doc. 1 Mise en évidence de transferts ioniques

Commentaire. Cette première activité expérimentale permet de mettre en évidence le passage des ions oxonium d'une solution acide à un sol. Il est demandé aux élèves de réinvestir leurs connaissances relatives au pH (utiliser le papier pH, savoir que plus le pH est faible et plus la solution est acide) acquises au collège. Il peut être utile de rappeler que plus une solution contient des ions oxonium H_3O^+ , plus elle est acide.

Réponses aux questions

1. Observer

La valeur initiale du pH est proche de 7. La valeur du pH du second filtrat est proche de 4.

2. Interpréter

Le pH a diminué.

3. Conclure

La solution d'acide chlorhydrique a un pH faible car elle contient un grand nombre d'ions H_3O^+ . Une partie de ces ions se retrouve dans le filtrat. Or, la terre a été rincée avec de l'eau distillée (qui apporte une quantité négligeable d'ions H_3O^+). On en déduit que des ions H_3O^+ sont restés « accrochés » à la terre pendant ce rinçage. Dans un langage plus scientifique, des ions H_3O^+ ont été transférés de la solution au sol.

Doc. 2 Le complexe argilo-humique et les échanges d'ions

Commentaire. Grâce à la première activité, les élèves ont conclu que certains ions peuvent être transférés d'une solution à un sol. Le modèle du complexe argilo-humique leur est ensuite proposé. Il en est également question à la page 125, dans le document « Sciences et Histoire, L'azote et les engrais ».

Réponses aux questions

4. Décrire

Les échanges d'ions entre sol et solution ionique sont possibles grâce aux différences d'affinité entre les ions et les complexes argilo-humiques.

5. Expliquer

Les complexes argilo-humiques sont les moyens de transport des ions de la solution d'engrais jusqu'aux plantes.

Doc. 3 Modélisation des échanges ioniques sol-solution

Commentaire. Pour rendre la notion de complexes argilo-humiques plus concrète, une troisième activité est proposée. Il est ici question de comparer le sol à une résine échangeuse d'ions. Cette expérience est facilement réalisable au lycée ; elle peut être présentée comme une expérience de cours. L'eau d'Hépar a été choisie car elle est très riche en ions calcium et magnésium. Cette expérience sert également à interpréter le fonctionnement d'un adoucisseur d'eau (page 119).

Compléments sur l'expérience

La colonne est préalablement préparée comme suit :

- Récupérer l'intérieur d'une cartouche filtrante (type Brita®) dans un bécher.
- Préparer une colonne d'une hauteur de 5 à 6 cm.
- Éluer sur la colonne deux fois 20 mL d'une solution saturée de chlorure de sodium. Récupérer l'éluat dans un bécher poubelle.
- Éluer sur la colonne deux fois 20 mL d'eau distillée. Récupérer l'éluat dans le bécher poubelle.

Attention : il faut veiller à ce que la colonne ne soit jamais sèche. Pour cela, il faut qu'il y ait toujours une solution au-dessus de la résine.

La solution de Noir d'Ériochrome est préparée et conservée dans une solution tampon ammoniacal de pH 10.

Réponses aux questions

7. Observer

Quand du N.E.T. est ajouté à l'échantillon incolore d'eau d'Hépar (tube n° 1), sa couleur vire au rose. En ajoutant du N.E.T. à la solution qui a traversé la colonne, celle-ci devient bleue.

8. Interpréter

C'est l'eau d'Hépar qui est la plus riche en ions calcium et/ou magnésium.

9. Raisonner

Les ions calcium et magnésium présents dans l'eau d'Hépar ne sont plus dans la solution recueillie en sortie de la colonne. Ils sont donc retenus dans la résine. On en déduit que la résine s'est enrichie en ions calcium et magnésium.

10. Conclure

Les ions calcium et magnésium ont été transférés de l'échantillon d'eau d'Hépar vers la résine. Les ions sodium initialement présents dans la résine ont été transférés à la solution recueillie en bas de la colonne.

On en conclut qu'il y a eu échange ionique au sein de la résine : des ions calcium et magnésium ont remplacé des ions sodium dans la résine ; des ions sodium ont remplacé des ions calcium et des ions magnésium dans l'échantillon d'eau.

BILAN Rédiger

Les échanges d'ions sont réalisés à la surface du complexe argilo-humique. Les ions qui ont plus d'affinité avec le C.A.H. remplacent des ions initialement présents.

Les mêmes étapes ont lieu à la surface d'une résine échangeuse d'ions : les ions qui ont plus d'affinité avec la résine remplacent ceux initialement présents.

2. Engrais et produit phytosanitaire

Commentaire. La notion de dosage par comparaison est abordée dans cette double page. Deux documents lui sont consacrés car cette notion est toute nouvelle : tout d'abord le document 2 qui présente ce dosage puis l'activité expérimentale 3.

Doc. 1 Comparer des compositions chimiques

Commentaire. Une étiquette d'engrais et une étiquette de produit phytosanitaire sont étudiées et comparées. L'élève doit en déduire que les rôles d'un engrais et d'un produit phytosanitaire sont intimement liés à leur composition chimique.

Réponses aux questions

1. Observer

Les trois principaux éléments apportés par un engrais NPK sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K).

2. Observer

Ces éléments ne se retrouvent pas dans la bouillie bordelaise.

3. Rechercher

La composition chimique conditionne le rôle d'un produit utilisé en agriculture ou en jardinage : les éléments N, P et K sont des nutriments des plantes. Un engrais en contient puisque son rôle est d'améliorer l'apport de nutriment. Il peut contenir aussi d'autres éléments en plus faible quantité. Un produit phytosanitaire contient soit des molécules organiques (comme les pesticides), soit des ions métalliques comme le fer (pour combattre la chlorose, document 3) ou le cuivre (pour combattre le mildiou).

Doc. 2 Découvrir le dosage par comparaison

Commentaires. C'est la première fois que les élèves travaillent sur un dosage par comparaison. Avant qu'ils en réalisent un, il nous a paru indispensable de leur en expliquer le principe. L'exemple des ions fer (II) est repris dans l'activité expérimentale 3.

Le dosage est colorimétrique et la courbe d'étalonnage sera également exploitée lors de l'activité suivante.

Aucun calcul n'est demandé ; il est précisé que ce dosage nécessite une exploitation graphique soignée et précise.

Réponses aux questions

4. Expliquer

On appelle ce dosage un « dosage par comparaison » car son résultat est comparé avec ceux de dosages préalablement réalisés.

5. Exploiter

La construction graphique conduit à $m = 0,056$ g.

Doc. 3 Déterminer une composition

Commentaires. Lors de cette activité, les élèves réalisent un dosage dont le résultat est interprété grâce à la courbe d'étalonnage donnée au document 2. Les objectifs de cette activité sont de faire réaliser un dosage colorimétrique et d'exploiter une courbe d'étalonnage.

Compléments sur l'expérience

- Étant donné les objectifs de cette activité et le peu de temps imparti, il serait sans doute nécessaire de préparer la burette ainsi que la solution titrée. Ainsi, les élèves se concentreraient plus sur la détermination du volume de solution titrante ajoutée au virage et sur l'interprétation de ce dosage.
- La solution acidifiée de permanganate de potassium est à $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Le volume équivalent est voisin de 8,9 mL.

6. Exploiter

On trouve une masse proche de 0,05 g.

7. Critiquer

Les imprécisions peuvent venir de la manipulation ainsi que du matériel. Chacun doit apprécier qualitativement leur impact sur le résultat.

BILAN Rédiger

Un dosage permet de connaître la quantité ou la masse d'une espèce dissoute en solution. Une seconde solution est ajoutée à celle dosée jusqu'à ce qu'un changement de couleur survienne. Un dosage par comparaison nécessite le tracé d'un graphique (appelé courbe d'étalonnage) obtenu grâce aux résultats de dosages préalables. Lorsque l'on dose l'échantillon étudié, on doit exploiter le résultat de ce dosage à l'aide du graphique.

3. Composition chimique d'une eau

Doc.1 Analyse qualitative d'une eau minérale

Commentaire. Au collège, les élèves ont appris à conduire des tests caractéristiques. Cette activité est présentée comme une démarche d'investigation : en s'appuyant sur des résultats de tests caractéristiques, les élèves doivent élaborer des protocoles, discuter entre eux puis réaliser les expériences. À la fin du temps imparti, ils mettent en commun leurs résultats et comparent les résultats des tests avec les étiquettes des bouteilles d'eaux qu'ils ont testées.

Compléments sur l'expérience

Chaque groupe dispose d'un échantillon d'eau et doit réaliser les six tests caractéristiques. Lorsque cela est possible, il serait intéressant de fournir au moins une eau riche en fer comme l'eau gazeuse d'Orreza et une autre riche en sulfate comme Hépar ou Courmayeur ou Contrex.

La solution de NET est conservée dans un tampon ammoniacal de pH 10 (à ne conserver que pour la durée du TP).

Réponses aux questions

1. Observer

Les résultats des tests varient suivant l'eau minérale testée.

Généralement, le pH est proche de 7 sauf si l'eau est longtemps restée au contact de l'air puisque le dioxyde de carbone est soluble dans l'eau et l'acidifie.

Le test des ions chlorure est positif.

Les autres tests dépendent de la composition chimique de l'eau testée.

2. Interpréter

Les réponses des élèves doivent être conformes aux résultats des tests qu'ils ont réalisés.

3. Reasonner

Si le test 2 est négatif, la solution ne contiendrait pas d'ions calcium. Comme le test 3 est positif, on en conclut que l'échantillon contient des ions magnésium Mg^{2+} .

4. Reasonner

Si la limite de détection d'un test n'est pas atteinte, on pourrait conclure que l'eau testée ne contient pas l'ion correspondant. Or, la concentration en ion peut être non nulle mais pas assez élevée.

Doc. 2 Qu'est-ce qu'une eau dure ?

Commentaire. Grâce à la question 5, les élèves doivent trouver par eux-mêmes les définitions relatives à la dureté d'une eau. Le document b leur permet également de comprendre le fonctionnement d'un adoucisseur d'eau. Ainsi, les élèves construisent-ils eux-mêmes cette partie du cours.

Réponses aux questions

5. Rechercher

Une eau dure est riche en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} .

T.H. est l'acronyme de Titre Hydrotimétrique. Il est proportionnel à la quantité d'ions calcium et magnésium dissous dans l'échantillon. Son unité diffère suivant les pays : « °f » désigne le degré français.

6. Rédiger

Le titre hydrotimétrique T.H. n'est pas une unité mais une grandeur. L'unité du « T.H. » est le degré français. On devrait donc lire sur l'étiquette : « eau douce : T.H. < 15 °f ».

En outre, il n'y a pas que les ions calcium Ca^{2+} qui sont responsables de la dureté d'une eau, les ions magnésium Mg^{2+} le sont aussi. L'étiquette devrait les mentionner, en précisant par exemple : « 150 ppm Ca^{2+} et Mg^{2+} ».

Enfin, que l'eau soit moyennement dure ou dure, la quantité de lessive requise ne varie pas, ce qui n'est pas logique puisque plus une eau est dure, et plus il faut consommer de lessive.

7. Raisonner

Une eau dure peut être source de calculs rénaux. Ainsi, adoucir une eau prévient de certains troubles médicaux.

De plus, une eau dure cause des dépôts de calcaire sur les résistances électriques des machines à laver. Une eau adoucie permet ainsi également d'utiliser moins de lessive et de réduire la pollution des eaux d'écoulement.

8. Observer

Un adoucisseur complet est constitué de deux compartiments : l'un renferme la résine échangeuse d'ions sur laquelle l'eau sera adoucie, l'autre une saumure qui permet de régénérer la résine.

9. Déduire

Les compositions chimiques de l'eau entrante et de l'eau sortante de l'adoucisseur sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

	Eau entrante	Eau sortante
Étape 1 : adoucissement	Dure	Douce
Étape 2 : régénération de la colonne	Douce	Dure

10. Expliquer

Lorsque la résine est saturée en ions calcium et magnésium, c'est-à-dire lorsque ces derniers ont remplacé tous les ions sodium initialement présents, la résine ne peut plus adoucir l'eau et ne joue donc plus son rôle. Il faut alors y verser une saumure très riche en ions sodium qui remplacent les ions calcium et magnésium ensuite évacués dans les égouts. Lorsque la résine est régénérée, elle peut de nouveau adoucir des eaux dures.

BILAN Rédiger

Une eau est caractérisée par sa composition chimique.

La composition chimique d'une eau peut être modifiée notamment en étant adoucie par passage sur une résine échangeuse d'ions.

4. Potabilité d'une eau

Doc. 1 Différentes eaux

Commentaire. Cette activité documentaire invite les élèves à s'informer sur les différents types d'eaux de consommation qu'ils boivent.

Réponses aux questions

1. Observer

L'eau minérale, l'eau de source et l'eau du robinet sont potables.

2. Rechercher

Une eau de consommation est une eau potable c'est-à-dire qui peut être consommée sans risque. On distingue les eaux minérales, les eaux de source et l'eau du robinet. Voici quelques-unes de leurs caractéristiques.

	Eau minérale	Eau de source	Eau du robinet
Origine	Nappes souterraines		Nappes souterraines ou eaux de surface
Composition chimique	Stable	Qui peut varier	
Réglementations	Les concentrations maximales en ions peuvent être dépassées.	Une Cinquantaine de critères de potabilité doivent être respectés.	

Remarque. Les eaux minérales ont des vertus thérapeutiques reconnues par la Faculté de Médecine.

Doc. 2 Critères de potabilité

Commentaire. Beaucoup de désinformation circule sur l'eau du robinet. Il est important que les élèves se rendent compte que l'eau du robinet n'est délivrée que si elle est potable et que les critères de potabilité sont régis au niveau européen.

Réponses aux questions

3. Distinguer

Les critères de couleur, d'odeur et de saveur sont relatifs au confort du consommateur. Tous les autres sont des critères de santé publique. Ce sont ces derniers qui sont soumis à des normes.

4. Raisonner

L'eau Vichy-Saint-Yorre est trop riche en ions sodium et en ions chlorure, ce qui lui confère un goût salé très caractéristique. Elle est pourtant commercialisée donc potable. Les critères de potabilité ne sont valables que pour l'eau du robinet et les eaux de source. Les eaux minérales ne sont pas soumises à cette législation. Leurs vertus pour la santé reconnues par la Faculté de Médecine sont intimement liées à leurs compositions chimiques. Ainsi, l'eau Vichy-Saint-Yorre, très riche en ions bicarbonate, est préconisée en cas d'aigreurs d'estomac.

Doc 3 Rendre une eau potable

Commentaire. Les différentes étapes de potabilisation des eaux brutes sont décrites à l'aide d'un schéma légendé. Il est demandé aux élèves de trouver les définitions de quatre procédés nommés dans ce document.

5. Observer

Les cinq étapes du traitement des eaux brutes sont : le prétraitement, la clarification, l'affinage, la désinfection et le traitement final.

6. Rechercher

Lors du tamissage, l'eau brute passe à travers des tamis de maillages de plus en plus serrés. L'eau est ainsi débarrassée des déchets les plus grossiers retenus par les tamis.

Lors de l'étape de floculation, des ions fer ou aluminium sont ajoutés à l'eau tamisée. Les particules en suspension qu'elle contient réagissent avec les ions fer ou aluminium et précipitent sous forme de flocons appelés « flocs ». Ces flocs forment des agrégats plus gros lors de l'étape de coagulation.

Lors de l'étape d'ozonation, de l'ozone est ajouté à l'eau afin de la stériliser. En effet, les microorganismes et les bactéries ne résistent pas à ce traitement.

7. Expliquer.

Le chlore permet de tuer tous les germes, micro-organismes et bactéries. Il est ajouté lors des deux dernières étapes du traitement.

8. Rédiger.

Le dichlore, ajouté en si petite quantité qu'il ne présente aucun danger sanitaire, permet de tuer germes, bactéries et microorganismes qui pourraient nous rendre malades. Ce sont les dérivés chlorés qui sont à l'origine de cette odeur « d'eau de Javel ». Pour l'éliminer, il suffit d'aérer l'eau en plaçant la carafe en bas du réfrigérateur.

BILAN Rédiger

La première étape (prétraitement) permet d'éliminer les particules volumineuses grâce à des tamisages successifs. La deuxième (clarification) éclaircit l'eau en faisant s'agglomérer les particules en suspension. La troisième utilise de l'ozone pour éliminer les micropolluants. Les deux dernières permettent de tuer les bactéries, germes et microorganismes.

Corrigés des exercices

4. Compositions chimiques

Le produit contenu dans le récipient A n'est composé ni d'azote ni de phosphore ni de potassium ; le récipient A contient donc un produit phytosanitaire.

Le produit contenu dans le récipient B est constitué de phosphore et de potassium ; c'est donc un engrais.

Le produit contenu dans le récipient C est un mélange d'engrais PK (phosphore et potassium) et de produit phytosanitaire riche en magnésium (Mg), soufre (S) et fer (Fe).

5. Carafe filtrante

1. Une eau dure est une eau riche en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} .

2. Les cartouches contiennent une résine échangeuse d'ions.

3. Lorsque la cartouche est saturée, elle ne peut plus assurer l'adoucissement de l'eau. Il est alors nécessaire de la changer. Cette limite est en moyenne atteinte lorsque 600 L d'eau ont été adoucis.

6. Dosage d'une bouillie bordelaise

Par construction graphique, on détermine que le pourcentage massique d'ions cuivre est égal à 20,5 %. Ce résultat est très proche de l'indication portée sur l'étiquette. La différence entre les deux est attribuable au matériel et à la précision de la lecture sur le graphique.

7. Analyse d'un sol avant épandage

Sources

<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub360/3soilph.htm>

<http://www.saslaboratoire.com/2-h-roebroek-conference-phosphore-sept-2010-support.pdf>

(page 14)

1. Il est nécessaire de procéder à une analyse du sol afin de savoir dans un premier temps s'il a besoin d'un chaulage ainsi que d'engrais. Cette analyse permet également de déterminer la dose optimale d'engrais à apporter. Si la quantité d'engrais est moindre, le rendement ne sera pas atteint ; si la quantité d'engrais apporté est trop importante, une partie ne sera pas absorbée par les plantes et une pollution des nappes phréatiques et du sol s'ensuivra.

2. Dans les deux cas, les pH initiaux sont inférieurs à 6,1, il est nécessaire de rendre ces sols moins acides en ajoutant de la chaux.

3. Parcelle 1 : ni le seuil d'impasse en P_2O_5 ni le seuil minimal en K_2O ne sont atteints. Il est donc nécessaire d'épandre sur cette parcelle un engrais PK plus riche en potassium.

Parcelle 2 : le seuil minimal en P_2O_5 n'est pas atteint et le seuil d'impasse en K_2O est dépassé. Il est donc nécessaire d'apporter uniquement du phosphore ; il faut donc épandre sur cette parcelle un engrais P.

8. Traitement d'une eau

1. Les paramètres de turbidité et de bactéries (*Escherichia Coli* et Entérocoques) sont à faire évoluer car l'analyse de l'échantillon montre que les limites de qualité sont dépassées.
2. L'étape de clarification sera la plus efficace car la turbidité est due aux particules en suspension.
3. Il est nécessaire de désinfecter cette eau car elle contient des microorganismes nuisibles à la santé. L'étape de désinfection permet de les détruire.

Sciences et Histoire

9. Dosage des ions nitrite dans une eau de puits artésien

Par construction graphique, on trouve que la concentration massique en ions nitrite est égale à $0,17 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Comme la norme relative aux ions nitrite ($0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ au maximum) est dépassée, ce critère de potabilité n'est pas respecté. Cette eau n'est donc pas potable.

Chapitre 8. Conservation des aliments et santé

Manuel pages 129 à 144

Objectifs généraux

L'objectif global de ce chapitre est de faire prendre conscience des problématiques sanitaires liées à la conservation des aliments.

La connaissance et la compréhension des techniques de conservation passent par celles des microorganismes et des conditions favorisant leur multiplication.

Après avoir mis en relation conditions de multiplication de ces êtres vivants et techniques visant à réduire leur présence, ce chapitre s'attachera à montrer que la mise en œuvre de ces techniques n'est pas sans conséquences sur la santé des consommateurs.

Choix pédagogiques

L'activité 1 a pour objectif de dresser un rapide tableau des différents microorganismes présents potentiellement dans les aliments, qu'ils soient pathogènes ou non. Dans cette activité, certaines conditions nécessaires à la multiplication de ces êtres vivants seront abordées et l'on montrera leur aptitude remarquable à proliférer rapidement.

L'activité 2 s'attachera à mettre en relation les effets de la température sur la prolifération des microorganismes dans les aliments avec le mode de conservation.

Dans l'activité 3, quelques autres techniques de conservation sont abordées et mises en relation avec les besoins des microorganismes (modification d'autres paramètres du milieu comme le pH, la teneur en dioxygène, la teneur en eau ; irradiation des aliments).

Enfin, l'activité 4 permettra de souligner que ces techniques de conservation ne sont pas toujours sans conséquences sur les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments et abordera quelques aspects des troubles de la santé liés à l'utilisation d'additifs alimentaires comme le sel.



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Bactériologie alimentaire, Compendium d'hygiène des aliments, sous la direction de Michel Federighi, 2^e édition, 2005, Éditeur Economica.

Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien, H. Leclerc, Jean-Louis Gaillard, M. Simonet, Éditions Doin.

Microbiologie, John P. Harley, Donald A. Klein, Lansing M. Prescott, Linda M. Sherwood, Joanne M. Willey, Christopher J. Woolverton, 3^e édition, 2010, De Boeck.

Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires, Guy Leyral, Elisabeth Vierling, 4^e édition, Éditions Doin, CRDP Aquitaine.

Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, S. K. Kon, édité par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Alimentation, sécurité et contrôles microbiologiques, coordination Alain Branger, Marie-Madeleine Richer, Sébastien Roustel, Éditions Educagri.

Sites internet

http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/apprendre_experimenter/attention_microorganismes/la_conservation_des_aliments_les_techniques

<http://www.anses.fr>

<http://www.sfm-microbiologie.org/pages/?all=accueil>

<http://www.economie.gouv.fr/dgccrf>

<http://www.ensaia.inpl-nancy.fr/marie/web/ntic/pages/2007/zimme.html>



Corrigés des doubles pages d'activités

1. Des microorganismes dans notre assiette

Doc. 1 Observer des bactéries : la flore du yaourt

Réponses aux questions

1. Observer

Deux types de bactéries sont visibles dans le yaourt : des bacilles (en forme de bâtonnet) et des coques (de forme sphérique).

Doc. 2. Diversité des microorganismes

Réponses aux questions

2. Lire

Les microorganismes présents dans les aliments appartiennent à différents groupes biologiques : les bactéries, les champignons.

Tous n'ont pas d'effet pathogène (bactéries du yaourt) ; d'autres peuvent provoquer des intoxications alimentaires par leur présence (toxi-infections) comme *Listeria monocytogenes*. Enfin, certains microorganismes comme le bacille botulinique sécrètent des toxines à l'origine d'intoxications alimentaires.

3. Rechercher

Escherichia coli, le staphylocoque et *Salmonella* sont des bactéries pathogènes pouvant se trouver sur les aliments.

Doc. 3 Mettre en évidence la multiplication des microorganismes

Réponses aux questions

4. Analyser

La disponibilité en nutriments (glucose), la valeur de la température ambiante sont deux paramètres qui influent sur la multiplication des microorganismes.

5. Analyser

Le temps de doublement correspond environ à une vingtaine de minutes.

BILAN Rédiger

Les microorganismes sont des êtres vivants car :

- ils sont formés de cellules ;
- ils sont capables — dans certaines conditions de milieu — de se reproduire.

2. Conserver les aliments : utiliser le facteur température

Doc. 1 Les microorganismes sensibles aux températures

Réponses aux questions

1. Analyser

Les basses températures ne font que bloquer la multiplication des microorganismes alors que les hautes températures provoquent la destruction de ceux-ci.

Doc. 2 Chauffer pour limiter les populations microbiennes

Réponses aux questions

2. Mettre en relation

En portant les aliments à haute température, ces différents procédés provoquent la destruction des microorganismes et vont donc allonger la durée de conservation de ces denrées.

Doc. 3 La chaîne du froid

Réponses aux questions

3. Comprendre

Le maintien de la chaîne du froid pour un produit congelé permet de bloquer en permanence la prolifération de microorganismes potentiellement présents dans l'aliment.

4. Analyser

La production de froid étant inégalement répartie dans ce type d'appareil, il est donc conseillé de disposer les aliments suivant leur degré décroissant de besoin de conservation en faibles températures, du haut vers le bas de l'enceinte. Cette disposition prend aussi en compte la conservation dans des dispositifs de type bouteille qui limitent la vulnérabilité de l'aliment et supportent donc des températures « plus élevées » (dans la porte du réfrigérateur).

BILAN Rédiger

En limitant la contamination des aliments lors de la fabrication, on se préserve de toute prolifération potentielle liée, par exemple, à une rupture de la chaîne du froid ou à une mauvaise conservation en réfrigérateur.

3. Conserver les aliments : d'autres techniques

Doc. 1 Des techniques ancestrales

Réponses aux questions

1. Comprendre

La fermentation, par les réactions chimiques qu'elle engendre, modifie le pH de l'aliment, ce qui bloque le développement des microorganismes.

En diminuant la quantité d'eau présente dans l'aliment par salaison ou déshydratation, on modifie les propriétés du milieu ; celui-ci devient défavorable à la multiplication des microorganismes.

Doc. 2 Irradier les fruits et légumes pour les conserver

Réponses aux questions

2. Interpréter

L'irradiation a pour avantage de détruire les microorganismes présents dans des aliments ne pouvant être chauffés.

3. Rechercher

Ses inconvénients sont de modifier à la fois les qualités nutritionnelles et gustatives des aliments.

Doc. 3 Besoins en dioxygène

Réponses aux questions

4. Analyser

Pseudomonas : besoins en dioxygène très importants.

Mycobactérie : besoins en dioxygène plus limités.

Escherichia coli : capable de se développer en présence et en absence de dioxygène.

Bacille botulique : développement uniquement en absence de dioxygène.

Doc. 4 Des techniques de conservation plus récentes

Réponses aux questions

5. Mettre en relation

En présence d'une atmosphère modifiée, la quantité disponible pour certains microorganismes ne suffit plus pour permettre leur multiplication.

6. Reasonner

Si l'emballage est défectueux et laisse passer l'air ambiant, la quantité de dioxygène est supérieure à celle attendue pour la conservation : certains organismes peuvent alors se multiplier.

BILAN Rédiger

Les fermentations ne nécessitent pas l'ajout d'additifs alimentaires mais peuvent modifier les qualités gustatives des aliments.

La salaison augmente fortement la durée de conservation mais modifie les qualités gustatives et nutritionnelles des aliments avec des risques potentiels sur la santé.

L'irradiation permet de conserver des aliments frais mais n'est pas non plus sans conséquences sur les qualités nutritionnelles et gustatives des aliments.

Le conditionnement sous atmosphère modifiée nécessite un maintien strict de l'intégrité de l'emballage de l'aliment pour conserver toute son efficacité.

4. Conservation des aliments et santé

Doc. 1 L'utilisation d'additifs alimentaires : le cas des sels

Réponses aux questions

1. Observer

Une consommation excessive de sel peut ici avoir trois types de conséquences sur la santé :

- une augmentation de la pression artérielle moyenne : phénomène d'hypertension ;
- une réduction associée du diamètre des artères due à l'apparition de plaques d'athérome, pouvant être à l'origine d'une mauvaise circulation sanguine ;

- l'apparition d'ostéoporose, phénomène de décalcification osseuse conséquence d'une acidification du sang par le sel alimentaire

2. Argumenter

Les pouvoirs publics veulent imposer une réduction des sels utilisés comme additifs dans le but de diminuer ces effets sur la santé des Français et, par conséquent aussi, de réduire le coût de ces problèmes de santé publique.

Doc. 2 La qualité nutritionnelle du lait UHT en question

Réponses aux questions

3. Argumenter

La stérilisation du lait par voie UHT modifie les qualités nutritionnelles de cet aliment : en modifiant la structure des protéines constitutives du lait, ce traitement modifie leur assimilation par l'organisme.

Ainsi ces molécules modifiées ne sont-elles plus profitables à l'organisme car elles sont éliminées dans les urines. Les deux autres types de stérilisation n'entraînent pas de telles modifications : les protéines concernées restent assimilables par l'organisme.

Doc. 4 Emploi d'additifs alimentaires

Réponses aux questions

4. Rechercher

E210 : acide benzoïque

E211 : benzoate de sodium

E212 : benzoate de potassium

E213 : benzoate de calcium

E214 : éthylparabène.

E215 : éthylparabène sodique.

E216 : propylparabène.

E217 : propylparabène sodique.

BILAN Rédiger

Certaines méthodes de conservation entraînent des modifications des qualités nutritionnelles des aliments (stérilisation UHT, addition des sels et autres additifs) avec des conséquences avérées ou soupçonnées sur la santé des organismes.

En consommant des produits frais l'on se préserve en partie de l'ingestion de molécules uniquement présentes pour favoriser la conservation de nos aliments et dont l'innocuité n'est pas toujours démontrée.

Correction des exercices

4. La contamination d'aliments par *Listeria monocytogenes*

1. La bactérie *Listeria* est largement répandue dans la nature et peut donc se retrouver dans nos aliments, en particulier lors d'une contamination à la fabrication. Sensible à la chaleur, elle a la particularité de se proliférer aux températures des réfrigérateurs.
2. Ces fromages ont pu être contaminés par une mauvaise manipulation lors de leur fabrication.
3. Précautions à prendre : propreté des locaux et matériels utilisés pour la fabrication, mais aussi hygiène des manipulateurs. Précautions lors du transport et de la distribution également.
4. Cette notion de crise fait référence au traitement que les médias font de ce type d'épisode de contamination. En étant les relais d'un tel événement, ils peuvent déclencher chez l'ensemble des consommateurs des réactions disproportionnées.

5. Les additifs alimentaires et le jambon de Bayonne

1. Le raccourcissement de la phase de salage a pour conséquences une augmentation de la teneur des jambons en eau, une diminution de leur teneur en sels mais aussi en protéines.
 2. Cette réduction du salage diminue le coût de la matière première (moins de sel utilisé), diminue aussi le temps de fabrication.
- L'aliment produit est moins riche en sel ce qui est un avantage non négligeable sur le plan de la santé. Cependant, la conservation peut être moins bonne et les qualités nutritionnelles, comme la teneur en protéines, s'en trouvent apparemment légèrement altérées.

Sciences et Arts

6. Des techniques de conservation détournées

Pichet de lait : mode de conservation dans une brique après stérilisation par procédé UHT ; aliment porté sur une période très courte à très haute température.

Sculpture : emploi de boîtes de conserves : principe de conservation par appertisation (conservation par destruction des microorganismes par chauffage).

Sciences et Histoire

7. Le contrôle des épices

L'ajout d'épices dans les habitudes alimentaires des Européens a entraîné des conflits économiques car l'approvisionnement en ces additifs se faisait par bateaux à partir de zones géographiques éloignées. Les puissances européennes ont progressivement « fait main basse » sur ces zones stratégiques pour s'affranchir de toute négociation avec un pays tiers, avec pour conséquences des conflits pour s'approprier le monopole du commerce de ces denrées.

Chapitre 9. Physique et chimie dans notre assiette

Manuel pages 145 à 160

Choix pédagogiques

Ce chapitre traite à la fois de la conservation des aliments et des émulsions. Le lien entre physique-chimie et cuisine joue donc le rôle de fil conducteur. Ce chapitre est organisé en suivant le programme : tout d'abord définir ce qu'est l'oxydation des aliments puis donner des informations sur les modes de conservation et les formulations ; les émulsions et les espèces tensioactives sont ensuite étudiées.

Ressources

Sites internet

Généralités sur les techniques de conservation des aliments

http://www.economie.gouv.fr/directions_services/dgccrf/documentation/fiches_pratiques/fiches/conservation_aliments.htm

Les méthodes de conservation au cours du temps

http://www.inra.fr/la_scienc_e_et_vous/apprendre_experimenter/attention_microorganismes/un_peu_d_histoire

http://www.inra.fr/les_recherches/exemples_de_recherche/amelioration_du_procede_de_lyophilisation_des_proteines

La conservation par le froid

dépliant « La chaîne du froid » édité la DGCCRF :

http://www.economie.gouv.fr/directions_services/dgccrf/documentation/publications/deplichs/froid.pdf

Les additifs alimentaires et la formulation :

http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/addit_flavor/flav11_fr.pdf

<http://agriculture.gouv.fr/comment-conserver-les-aliments-dlc>

Articles et publications

Du Néolithique au fast-food, manger, 10000 ans d'invention alimentaire, SCIENCE & VIE, Hors Série n° 238, mars 2007

Pasteur a trouvé ses maîtres, p. 92 à 97.

Des produits sous protection rapprochée, p. 98 à 100.

L'art de changer l'air en ingrédient, p. 102 à 105.

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Oxydation des aliments

Commentaires. Les quatre documents ont été choisis de telle sorte que les élèves définissent par eux-mêmes ce qu'est une oxydation, quelle espèce chimique en est responsable et quels sont les rôles de la lumière et de la température dans ce processus de dégradation (document 4). Le vocabulaire est introduit progressivement (il est tout d'abord question de « dégradation » (document 1) puis d'« oxydation » (documents suivants). Une seule équation de réaction est écrite (document 3) et facilement exploitable.

Doc. 1 Dégradation de certains aliments laissés à l'air libre

Commentaire. Grâce à cette activité expérimentale (qui pourrait être menée à la maison), la dégradation de certains aliments est simplement mise en évidence. Les élèves réfléchissent sur le rôle de l'acidité et sur celui de la teneur en eau dans ce processus de dégradation.

Réponses aux questions

1. Observer

- a. Les aspects de la banane et du beurre ont changé : les rondelles de banane ont noirci et le beurre a jauni.
- b. Le beurre a une saveur et une odeur plus aigres. La banane a moins de goût ; les rondelles sont devenues plus molles.

2. Interpréter

- a. La banane et le beurre ont perdu de leur fraîcheur, ils ont subi une dégradation.
- b. Du fait de son acidité, le citron se dégrade beaucoup moins vite que la banane.
- c. Le riz est un aliment sec. Or, moins il y a d'eau, moins les microorganismes peuvent se développer et donc moins l'aliment se dégrade.

Doc. 2 Comprendre la cérémonie du thé vert à la menthe

Commentaire. Ce document permet de définir ce qu'est une « oxydation », dans le sens que lui donnait Lavoisier. Les élèves doivent alors faire le rapprochement entre oxydation et dioxygène.

Réponses aux questions

3. Expliquer

Le thé est versé de haut pour que certaines des molécules contenues dans le thé aient le temps de devenir plus odorantes grâce à des réactions d'oxydation.

4. Interpréter

Ces molécules sont en contact avec l'air, comme les aliments du document 1. On en déduit que l'espèce chimique qui a réagi avec certaines molécules des aliments provient donc de l'air.

Comme l'ancienne définition de l'oxydation le précise, c'est le dioxygène qui est responsable de l'oxydation des molécules en molécules plus odorantes.

Doc. 3 Une oxydation

Commentaire. Cette expérience très facile et rapide à mettre en œuvre permet d'introduire une équation de réaction et de constater que le dioxygène est bien responsable de l'oxydation, comme les élèves y avaient été invités à répondre dans le document 2. Pour répondre aux questions, les élèves doivent attentivement lire le titre de cette activité ainsi que la légende des photos.

Réponses aux questions

5. Observer

Le benzaldéhyde est liquide alors que l'acide benzoïque, le produit de l'oxydation, est solide. Le benzaldéhyde a l'odeur très caractéristique de l'amande amère, contrairement au produit de la réaction. Le produit de l'oxydation, l'acide benzoïque, ne semble pas réagir au contact de l'air, contrairement au benzaldéhyde.

Les réponses peuvent aussi être données sous forme de tableau :

	État physique à température ambiante et couleur	Odeur	Réagit au contact avec l'air
Benzaldéhyde	Liquide incolore	Amande amère	Oui
Acide benzoïque	Solide blanc	Pas d'odeur	A priori non

6. Interpréter

Le pH de la solution obtenue par dissolution de l'acide benzoïque est inférieur à celui du benzaldéhyde.

Plus le pH est faible et plus la solution est acide. Les mesures de pH permettent donc de conclure que la seconde solution est plus acide que la première.

Remarque. Cette dernière réponse est confirmée par le nom du produit de la réaction : acide benzoïque.

On peut faire un parallèle avec le document 1. En effet, le citron est un fruit acide et ne se dégrade pas autant que la banane. Le produit de cette dernière expérience est acide et ne se dégrade pas non plus.

7. Exploiter

Comme l'indique l'équation de réaction, c'est le dioxygène (O₂) qui a réagi avec le benzaldéhyde pour donner de l'acide benzoïque.

Remarque. Cette réponse est en accord avec la dernière du document 2 et donc avec l'ancienne définition de l'oxydation.

Doc. 4 Rôle de la lumière et de la température

Commentaire. L'exemple du beurre est repris car il est assez simple d'obtenir du beurre rance. Cette activité expérimentale est très simple à mettre en œuvre. Son résultat est d'autant plus net si elle dure plusieurs jours ; en ce sens, il pourrait être préférable de la laisser faire à la maison.

Réponses aux questions

8. Observer

Seul le morceau conservé au réfrigérateur a gardé son aspect et son goût. Celui enveloppé dans du papier d'aluminium et laissé à température ambiante a jauni et est devenu légèrement plus aigre. Quant au morceau laissé à l'air libre, il est devenu jaune foncé, son odeur et sa saveur sont devenues aigres.

Remarque. On dit de ce troisième morceau de beurre qu'il est rance.

9. Interpréter

L'oxydation du beurre est la moins marquée lorsqu'il est conservé dans le réfrigérateur, c'est-à-dire à basse température et à l'abri de la lumière. Elle est la plus marquée dans les conditions opposées : à température ambiante et en présence de lumière.

10. Raisonner

Les morceaux 1 et 2 sont à comparer pour étudier l'effet de la température sur l'oxydation ; les morceaux 2 et 3 sont à comparer pour étudier l'effet de la lumière.

11. Conclure

Ces deux paramètres ont le même effet : plus la température augmente et plus l'oxydation est rapide ; de même, l'oxydation est accélérée par éclaircissement.

BILAN Rédiger

L'oxydation des aliments est due aux réactions chimiques entre le dioxygène et certaines molécules de ces aliments. La lumière et la température sont deux facteurs qui accélèrent la dégradation d'un aliment. Pour éviter qu'un aliment se dégrade, il vaut mieux le conserver au frais et dans l'obscurité.

2. Conservation des aliments

Doc. 1 Les méthodes de conservation au cours du temps

Commentaires. Comme le programme le précise, il est important que les élèves acquièrent une culture transdisciplinaire. L'objectif de cette activité documentaire est de faire comprendre comment les hommes ont su trouver au cours des siècles des moyens toujours plus performants pour conserver au mieux leur nourriture.

Grâce à la frise proposée, on se rend facilement compte que les techniques de conservation ont beaucoup évolué depuis la fin du XIX^e siècle. Nous avons choisi de traiter plus

précisément l'évolution des techniques de conservation par le froid, ce qui permet de bien insister sur l'importance de la chaîne du froid (document b).

Réponses aux questions

1. Interpréter

Les aliments ont longtemps été conservés par salage, d'où l'importance du sel. Celui qui en possédait pouvait conserver viande et poisson et ne manquait ainsi pas de nourriture, le plus important souci quotidien pendant des siècles. C'est pourquoi le sel est-il resté si cher et était-il utilisé comme monnaie d'échange.

Remarque. Étymologiquement, « salaire » vient de *salarium*, la solde des soldats romains destinée à acheter du sel.

2. Observer

Les méthodes de conservation ont énormément évolué à partir de la fin du XIX^e siècle, lorsque l'industrialisation des machines frigorifiques a été lancée.

3. Raisonner

Lyophilisation	Fermentation	Pasteurisation	Appertisation	Salaison	Microfiltration
Lait et purée en poudre	Bière et fromages	Lait UHT	Conserves en verre	Poissons et viandes salés	Lait et jus de fruits frais

4. Rechercher

Dès la fin du XIX^e siècle, les premières machines frigorifiques sont fabriquées industriellement. Juste avant la première guerre mondiale, le premier réfrigérateur est inventé. Dans l'entre-deux-guerres, cet appareil est produit industriellement. Cependant, sa commercialisation est limitée car tout le monde n'a pas accès à l'électricité. Après la seconde guerre mondiale et surtout à partir des années 60, l'électroménager connaît un essor commercial impressionnant.

Questions supplémentaires à propos du document b

1. Expliquer. Pourquoi les méthodes de conservation par le froid sont-elles efficaces du point de vue sanitaire ?

2. Raisonner. Parmi les trois méthodes citées, lesquelles stoppent la prolifération des microorganismes et laquelle ralentit leur métabolisme ? Justifier.

3. Interpréter. Pourquoi est-il important de ne pas rompre la chaîne du froid ?

4. Raisonner. Pourquoi la Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) préconise-t-elle de placer les produits frais réfrigérés, pasteurisés, surgelés ou congelés dans un sac isotherme lors des achats ?

Réponses aux questions supplémentaires

1. Les microorganismes ne résistent pas à une chute brutale des températures en deçà de 0 °C. En effet, les microorganismes prolifèrent dans l'eau mais pas dans la glace. Or, en dessous de 0 °C, l'eau est sous forme de glace.

2. La surgélation et la congélation permettent de tuer les microorganismes et ainsi de stopper leur prolifération. La réfrigération des aliments fragiles, dont les qualités nutritionnelles et gustatives sont altérées par le froid intense, permet de ralentir la prolifération des microorganismes.

3. Si la chaîne du froid est rompue, les microorganismes vont de nouveau proliférer et entraîner une dégradation rapide des aliments. Les aliments perdent alors certaines de leurs qualités nutritionnelles et gustatives si la chaîne du froid est rompue. Mais la raison la plus importante est que la majeure partie des intoxications alimentaires, dont certaines sont mortelles, sont occasionnées par le non-respect de la chaîne du froid.

4. Afin de ne pas rompre la chaîne du froid, il est nécessaire de placer les produits frais et surgelés dans un sac isotherme contenant des glaçons.

Doc. 2 Procédés physiques et chimiques pour conserver à domicile

Commentaire. Cette activité documentaire permet de montrer aux élèves qu'ils mettent quotidiennement en pratique des procédés physiques et des procédés chimiques pour conserver les aliments. Les élèves sont invités à distinguer procédé physique et réaction chimique. Ils doivent réinvestir leurs connaissances sur les changements d'état qu'ils ont acquises au collège, voire en primaire.

Réponses aux questions

5. Distinguer

Procédé physique	Procédé chimique
Aliments surgelés, fruits secs, aliments dans une boîte plastique hermétique ou en conserve.	Fruits en confiture ou en gelée, fruits dans l'alcool.

6. Interpréter

Lors de la congélation, il y a solidification de l'eau et lors du séchage de fruits, il y a vaporisation de l'eau.

Doc. 3 Procédé chimique de conservation des aliments et formulation

Commentaire. Grâce à la lecture de l'étiquette de ce tarama, les élèves sont invités à se rendre compte qu'un produit alimentaire n'a pas une composition simple. On y retrouve bien évidemment les ingrédients de base mais aussi différents additifs alimentaires qui ont des rôles spécifiques. Les élèves comprennent alors ce qu'est une formulation et quels sont ses objectifs.

Réponses aux questions

7. Observer

Ingrédients de base	Huile de colza, œufs de cabillaud fumés et salés, eau
Conservateurs et antioxydants	E262-E211-E202
Colorant	Carmin de cochenille
Arômes	Sel, extrait d'épices
Exhausteur de goût	Sirop de glucose
Correcteur d'acidité	E270
Agents de texture	Crème UHT, chapelure

8. Raisonner

La formulation d'un produit alimentaire regroupe les ingrédients qui permettent sa fabrication (ingrédients de base et certains additifs comme les arômes, les édulcorants et les colorants) ainsi que ceux qui permettent de le conserver.

BILAN Rédiger

Aujourd'hui, le consommateur dispose d'un grand nombre de moyens pour conserver les aliments : soit par le froid (en les congelant ou en les maintenant au frais), soit par le chaud (appertisation domestique, confitures), soit en les stockant dans des boîtes hermétiques afin d'éviter tout renouvellement de dioxygène.

Au niveau industriel, les techniques de conservation des aliments sont très diverses. On peut citer la lyophilisation, les chambres froides, la pasteurisation, l'ultrafiltration. De nouveaux procédés sont en cours d'industrialisation comme les hautes pressions et les champs pulsés.

Bien entendu, ces différentes techniques ont évolué et évoluent en parallèle aux travaux des biologistes, chimistes et physiciens. Durant la Préhistoire, les hommes ne pouvaient conserver leurs aliments que par le froid ou par fermentation. Aujourd'hui, étant donné les avancées technologiques modernes, les procédés sont beaucoup plus variés et performants tant au niveau sanitaire qu'organoleptique.

3. Émulsions et tensioactifs

Commentaire. Cette double page permet, à partir d'aliments connus de tous, de poser le vocabulaire spécifique aux émulsions.

Doc. 1 Le lait et le beurre

Commentaires. Cette activité en partie expérimentale traite de deux aliments connus de tous, le lait et le beurre. Le document a montré ce qu'est une émulsion dont la définition est écrite dans l'encadré « mot-clé ».

L'activité expérimentale est facilement et rapidement réalisable. Elle a pour objectif de montrer que le lait et le beurre sont deux émulsions différentes car les proportions de leurs ingrédients (eau et matières grasses) ne sont pas identiques.

Réponses aux questions

1. Observer

Comme le montre le document a, des gouttelettes sont visibles. Le lait est un milieu hétérogène.

2. Raisonner

Un lait écrémé contient moins de matières grasses qu'un lait entier. Ce sont donc les lipides (ou matières grasses) qui sont retirés du lait entier pour obtenir du lait écrémé.

3. Observer

a. En comparant les tubes à essais 2 et 4, on déduit que le bleu de méthylène est soluble dans l'eau. En comparant les tubes à essais 1 et 3, on déduit que le rouge soudan est soluble dans le cyclohexane.

b. C'est le bleu de méthylène qui est solubilisé dans le lait et le rouge soudan dans le beurre.

4. Interpréter

Les expériences précédentes ont montré que le lait contient plus d'eau que de matières grasses ; le milieu 1 est donc de l'eau et le milieu 2 des matières grasses.

Ces expériences ont montré que le beurre contient plus de matières grasses que d'eau. Le milieu 1 est donc les matières grasses et le milieu 2 de l'eau.

	Milieu 1	Milieu 2
Lait	eau	Matières grasses
Beurre	Matières grasses	eau

Doc. 2 Réussir sa vinaigrette

Commentaires. Cette activité expérimentale est facilement et rapidement réalisable. En outre, la majorité des élèves la connaît certainement pour avoir préparé des vinaigrettes chez eux. Grâce à ces expériences, les élèves sont invités à réfléchir sur la stabilité d'une émulsion et sur les moyens de la conserver. Il en existe deux : soit en réduisant la taille des gouttelettes en agitant très vigoureusement, soit en ajoutant de la moutarde (ce dernier moyen est plus efficace).

La définition d'une espèce tensioactive est introduite. Il est enfin demandé aux élèves de rédiger une recette de vinaigrette grâce aux connaissances acquises lors de cette activité.

Réponses aux questions

5. Lire

L'huile et le vinaigre sont les deux principaux ingrédients d'une vinaigrette.

6. Rechercher

L'huile contient des acides gras (comme l'acide palmitique) et le vinaigre est principalement composé d'eau.

7. Observer

Avant repos, les gouttelettes dans le second récipient sont plus petites. Après une heure, on observe deux phases dans le premier récipient ; il n'y a donc plus d'émulsion. En revanche, dans le second récipient, l'émulsion a été conservée.

8. Interpréter

a. L'huile et le vinaigre forment deux phases ; ils ne forment donc pas un mélange homogène. Le liquide le plus dense (qui constitue la phase inférieure) est le vinaigre.

b. L'émulsion préparée dans le second récipient se conserve plus longtemps.

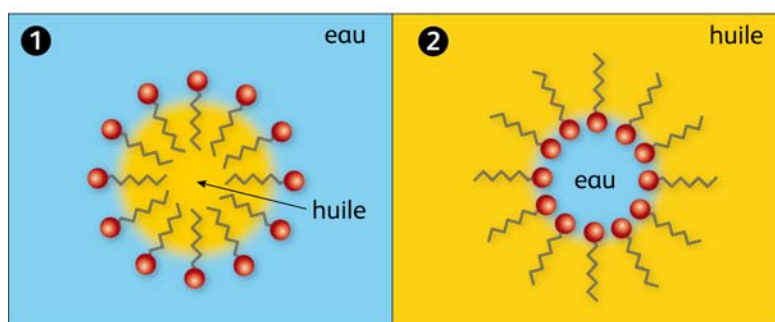
c. Une espèce tensioactive rend une émulsion plus stable et permet donc de la conserver. Or, seule l'émulsion du second récipient contient de la moutarde et elle se conserve. On en déduit donc que la moutarde contient des espèces tensioactives.

9. Rédiger

Dans un récipient à hauts bords, verser une cuillère à soupe de vinaigre, du poivre et du sel. Y ajouter une cuillère à café de moutarde. Mélanger vigoureusement. Tout en continuant de mélanger, verser trois cuillères à soupe d'huile.

BILAN Rédiger

Une émulsion est un mélange hétérogène constitué de gouttelettes d'un liquide dans un autre liquide qui lui est non miscible. Par exemple, le lait et le beurre sont des émulsions d'eau et de matières grasses. Ce sont les proportions de ces deux ingrédients qui les différencient : dans le cas du lait, l'eau est majoritaire (schéma 1) et le lait est une émulsion de matières grasses dans l'eau ; le cas du beurre est inverse (schéma 2).



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

4. Rôle et organisation des tensioactifs dans une émulsion

Commentaire. Le vocabulaire spécifique aux émulsions a été posé grâce aux activités précédentes. Cette double page permet de comprendre comment les espèces tensioactives rendent une émulsion plus stable en s'organisant sous forme de micelles.

Doc. 1 Structure simplifiée des lipides

Commentaire. Ce document présente les propriétés de miscibilité (en liaison avec le proverbe « Qui se ressemble, s'assemble ») et la structure simplifiée des lipides. L'encadré « étymologie » peut servir d'aide aux élèves dans l'acquisition du vocabulaire spécifique aux émulsions.

Réponses aux questions

1. Observer

Les lipides sont miscibles avec les solvants « gras » mais pas avec l'eau.

2. Comprendre

L'acide laurique est constitué d'une longue chaîne hydrocarbonée qui a pour particularité d'être hydrophobe. Cette molécule est donc hydrophobe c'est-à-dire qu'elle n'est pas miscible avec l'eau (étymologiquement, elle « craint » l'eau).

3. Interpréter

L'huile est constituée de molécules hydrophobes et le vinaigre majoritairement de molécules d'eau. C'est pourquoi huile et vinaigre ne peuvent pas former un mélange homogène.

Doc. 2 Rôle des espèces tensioactives

Commentaire. Cette activité documentaire présente la structure d'une espèce tensioactive et explique pourquoi et comment elle est amphiphile.

Réponses aux questions

4. Observer

Partie 1 : tête hydrophile ; *partie 2* : longue chaîne hydrocarbonée hydrophobe.

5. Interpréter

Cette molécule est à la fois hydrophile et lipophile ; on dit qu'elle est amphiphile.

6. Expliquer

Les espèces tensioactives se placent entre les lipides et l'eau. Ces espèces assurent donc une meilleure cohésion de ce mélange qui reste malgré tout hétérogène. Les lipides et l'eau étant ainsi plus « à l'aise » dans l'émulsion, celle-ci décantera plus difficilement et se conservera plus longtemps.

Doc 3 Organisation des tensioactifs sous forme de micelles

Commentaire. Cette activité documentaire explique ce qu'est une micelle. Le lien est fait avec le document 1 de la double page précédente.

Réponses aux questions

7. Interpréter

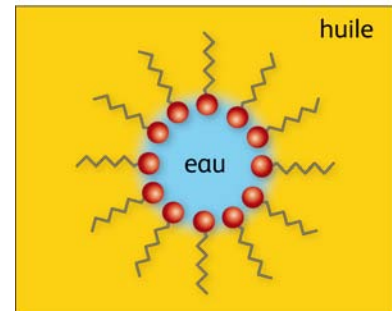
Le classement chronologique est le suivant : b (une espèce tensioactive seule) puis c (plusieurs espèces tensioactives se rangent à l'interface huile-eau) puis a (les espèces tensioactives s'organisent sous forme de micelles).

8. Interpréter

Le lait est une émulsion de matières grasses dans l'eau ; les micelles sont donc directes. Quant au beurre, comme l'eau est minoritaire, les micelles sont inverses.

9. Raisonner

Dans le beurre, les espèces tensioactives sont les caséines du lait et elles forment des micelles inverses. Schématiquement, cette micelle peut être représentée par le schéma ci-contre.

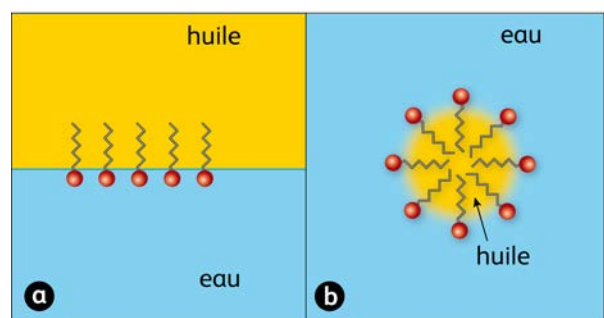


BILAN Rédiger

Une émulsion est constituée de gouttelettes d'un liquide dans un autre liquide qui lui est non miscible, comme l'huile et l'eau. Ce mélange hétérogène n'est pas stable car les gouttelettes d'un même liquide ont tendance à se rassembler et à former deux phases bien distinctes. En effet, les lipides et les molécules d'eau ont des structures très différentes : les lipides sont hydrophobes et les molécules d'eau hydrophiles bien évidemment.

Afin de rendre l'émulsion plus stable, il est nécessaire d'ajouter des espèces qui sont, grâce à leur structure, à la fois hydrophiles et hydrophobes : ce sont les espèces tensioactives. Ces espèces s'organisent autour des gouttelettes sous forme de micelles.

Prenons le cas d'une émulsion d'huile dans l'eau : peu nombreuses, les espèces tensioactives se placent à l'interface huile-eau (schéma a) ; lorsqu'elles sont en plus grand nombre, elles forment des ensembles sphériques, les micelles, qui emprisonnent l'huile (schéma b). Les parties hydrophiles sont tournées vers l'eau, les parties hydrophobes vers l'huile.



Corrigés des exercices

4. Oxydation d'aliments

1. L'orange est un fruit acide. L'acidité permet de ralentir la dégradation des aliments. Les lentilles sont sèches c'est-à-dire ne contiennent presque plus d'eau. La prolifération des microorganismes y est donc réduite et les lentilles se conservent bien.
2. En comparant les résultats des expériences A et B, on conclut que l'espèce chimique responsable de l'altération de la viande et de la pomme est contenu dans l'air.
3. Les résultats des expériences B et C sont à comparer puisque seul le paramètre « lumière » varie. On constate que sans lumière, les aliments ne sont pas dégradés.
4. Les résultats des expériences C et D sont à comparer puisque seul le paramètre « température » varie. On constate que la dégradation n'a pas lieu à basse température.

5. Formulation d'un lait pour bébé

1. Comme l'étiquette l'indique, ce « lait » en poudre n'est pas constitué que de lait.
2. Les bébés prématurés ont besoin de nutriments très riches afin de pallier l'immatunité notamment des poumons, du cerveau et de leur appareil digestif fragile. Ils ont donc besoin de matières grasses, de vitamines et de sels minéraux seulement apportés par la nourriture. C'est pourquoi la formulation de ce produit alimentaire est si complexe.

6. Conservateur et antioxydant

1. Un conservateur alimentaire est une espèce chimique capable de s'opposer aux altérations d'origine chimique ou microbiologique.
2. Un antioxydant et un conservateur n'ont pas les mêmes rôles. Un antioxydant ne peut donc pas remplacer un conservateur alimentaire.
3. Notons M la masse maximale d'acide malique contenue dans 20 cL. Le tableau suivant est un tableau de proportionnalité :

3 (g)	100 (cL)
M	20 (cL)

Ainsi :

$$\frac{M}{3} = \frac{100}{20} \text{ soit } M = 3 \times \frac{100}{20} = 0,6 \text{ g.}$$

4. « *Quantum sanis* » signifie en n'importe quelle quantité tant que les qualités gustatives ne sont pas dégradées par l'ajout de cet additif alimentaire.

7. Des emballages pour conserver

1. Le film plastique a deux propriétés : il empêche à la majorité du dioxygène d'entrer et donc aux bactéries de respirer.
Remarque. Il permet au dioxyde de carbone produit par les bactéries restantes d'être évacué, ce qui évite à l'emballage de gonfler.
2. L'éthylène naturellement produit par la banane doit être éliminé sinon le fruit mûrit plus rapidement. Le plus simple est de piéger l'éthylène grâce à un absorbeur.



3. Le buvard absorbe la vapeur d'eau émise par les bactéries restantes. Comme les microorganismes prolifèrent en présence d'eau et occasionne l'altération du fruit, il est nécessaire d'éliminer l'eau grâce à un absorbeur d'humidité (c'est-à-dire un buvard).
4. L'absorption d'un liquide et d'un gaz ainsi que la diffusion d'un gaz sont les procédés physiques mis en jeu.
5. Les espèces chimiques incorporées dans cet emballage ne sont ni des conservateurs, ni des antioxydants.

8. Réussir une mousse

1. Une émulsion est obtenue lorsque deux liquides non miscibles sont mélangés ; on observe alors des gouttelettes bien distinctes de ces deux liquides.
2. Cette émulsion est rendue plus stable car les matières grasses liquides sont divisées en fines gouttelettes ; de plus, les protéines sont des tensioactifs, c'est-à-dire des molécules amphiphiles qui « aiment » à la fois les graisses et l'eau et qui empêchent les gouttelettes de matière grasse de se regrouper.
3. À basse température, les gouttelettes de matière grasse cristallisent autour des bulles d'air et les piègent. Les bulles d'air ne peuvent donc pas se regrouper et restent de petite taille, ce qui rend la mousse légère et fondante.

Science in English

9. Would you like some chocolate ?

1. La lécithine de soja est une espèce tensioactive ; son rôle est donc de rendre l'émulsion plus stable et de la conserver.
2. Certaines espèces chimiques contenues dans le chocolat se dégradent à l'air libre (d'où le conseil de stocker la plaquette à l'abri de l'air). Si la plaquette est conservée dans un endroit humide, la proportion d'eau dans l'émulsion augmentera et cette émulsion se dégradera rapidement. D'où le conseil de garder la plaquette dans un endroit sec.

Chapitre 10. Comprendre et maîtriser sa sexualité

Manuel pages 165 à 184

Objectifs généraux

L'étude de la maîtrise des fonctions de reproduction a deux rôles dans ce nouveau programme. Tout d'abord, la compréhension des mécanismes hormonaux impliqués dans la reproduction humaine doit permettre de comprendre d'une part, le principe d'action des méthodes contraceptives et, d'autre part, les techniques d'aide à la procréation médicalement assistée.

Ensuite, l'étude des infections sexuellement transmissibles (IST) doit permettre de comprendre l'intérêt d'un comportement individuel raisonné afin de limiter les risques de contamination et de propagation.

Choix pédagogiques

La progression choisie repose sur l'étude des principes de fonctionnement de l'appareil génital et de sa régulation. Dans un premier temps, on étudie le fonctionnement continu des testicules chez l'homme et cyclique chez la femme (activité 1), à travers l'observation de la production des gamètes et des hormones sexuelles. La relation hormonale entre ovaire et utérus est rappelée afin de préparer l'étude de RU486.

Puis on explore la régulation du fonctionnement des ovaires (activité 2) afin d'expliquer son caractère cyclique. Dans ce cadre, on étudie le rôle du cerveau dans cette régulation et la notion de rétrocontrôle est expliquée. Ce travail préparatoire est indispensable à la compréhension des méthodes contraceptives et d'aide à la procréation médicalement assistée ; cependant, l'étude a été limitée aux seules informations indispensables à cette compréhension. Des hormones de synthèse sont utilisées dans le cadre de la contraception régulière (pilules), la contraception d'urgence et des IVG médicamenteuses (RU486) (activité 3). Leur mécanisme d'action repose soit sur un rétrocontrôle négatif sur le cerveau (complexe hypothalamus/hypophyse), soit sur le blocage de la relation hormonale entre ovaires et utérus. La régulation des naissances, grâce à l'utilisation de ces molécules de synthèse, est devenue de plus en plus efficace tout en présentant de moins en moins d'effets secondaires (activité 4). Dans le cadre de la procréation médicalement assistée (activité 5), l'origine des troubles de la fertilité est abordée afin de montrer comment les techniques modernes permettent dans certains cas d'aider des couples à concevoir un enfant. L'étude permet de comprendre le rôle des molécules de synthèse utilisées notamment lors d'un protocole de fécondation in vitro. Une présentation de l'intérêt de la prévention sur les IST, parfois à l'origine de stérilité, permet de comprendre que leur propagation au sein de la population peut être évitée par des comportements individuels adaptés (activité 6).



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

La reproduction chez les mammifères et l'homme, sous la direction de C. Thibault et M.-C. Levasseur, Ellipses, INRA.

La notion de régulation en physiologie, P. Chevalet, D. Richard, Sciences 128, Éditions Nathan.

Les fonctions de l'hypothalamus, M.-H. Pérez, D. Richard, Sciences 128, Éditions Nathan.

Physiologie humaine, Vander, Sherman, Luciano, Éditeur Chenelière/McGraw-Hill, 3^e édition.

Hormones et grandes fonctions – Volume 1, Jean Boissin, Jean Clos, Pierre Deschaux, et al., Ellipses 1992.

Hormones et grandes fonctions – Volume 2, Jacques Bourbon, Alain Freminet, Jean-Michel Garel, Ellipses.

Articles et publications

Guide des vaccinations, Édition 2008, Direction générale de la santé, Comité technique des vaccinations, INPES.

Estrogen Actions in the Central Nervous System, McEwen, Alves, ENDOCRINE REVIEWS, juin 1999 ; volume 20 n° 3 : pp. 279-307.

La « pilule » contraceptive pour hommes est-ce pour bientôt ?, Caroline Potvin, LE MÉDECIN DU QUÉBEC, volume 37, numéro 1, janvier 2002.

The Molecular and Neuroanatomical Basis for Estrogen Effects in the Central Nervous System, McEwen, THE JOURNAL OF CLINICAL ENDOCRINOLOGY & METABOLISM, juin 1999, volume 84 n° 6 : pp. 1790-1797.

Estrogen Actions Throughout the Brain, McEwen, RECENT PROGRESS IN HORMONE RESEARCH, volume 57: pp. 357-384 (2002), The Endocrine Society.

Follicle-stimulating Hormone and Human Spermatogenesis, William J. Bremner, Alvin M. Matsumoto, Allen M. Sussman, C. Alvin Paulsen, THE JOURNAL OF CLINICAL INVESTIGATION, octobre 1981, volume 68, pp. 1044-1052.

L'infection à VIH-sida en France en 2009 : dépistage, nouveaux diagnostics et incidence, BULLETIN ÉPIDÉMIOLOGIQUE HEBDOMADAIRE, n° 45-46, 30 novembre 2010.

Sites internet

<http://www.inpes.sante.fr/>

<http://www.invs.sante.fr/>

<http://www.snv.jussieu.fr/vie/>

<http://espace-svt.ac-rennes.fr/applications.html> (testicule, ovaire, utérus)

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Le fonctionnement des testicules et des ovaires

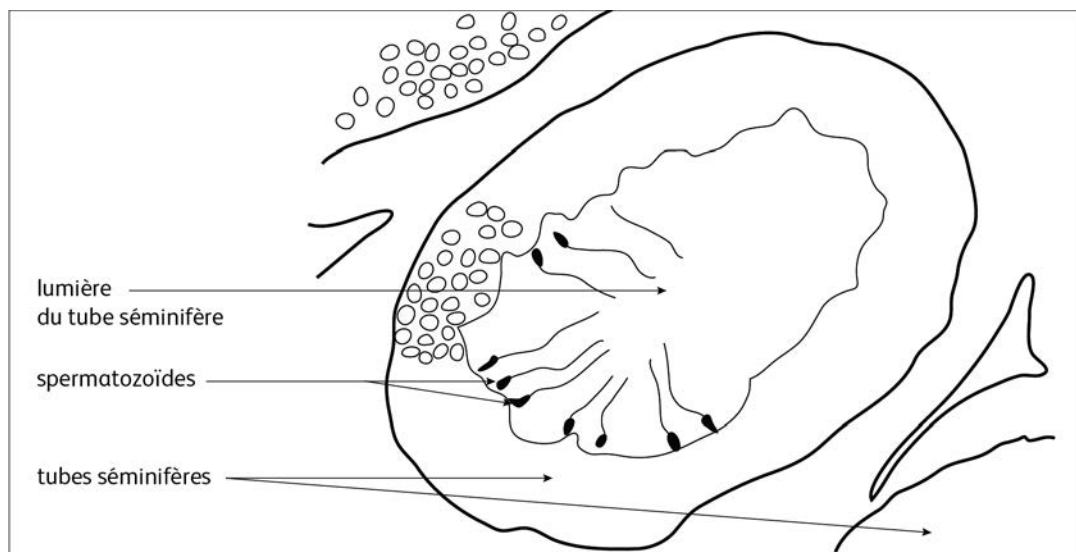
Doc. 1 Organisation des testicules

Réponses aux questions

1. Lire

Les testicules produisent des spermatozoïdes en continu. Chaque jour, ils en fabriquent en moyenne 100 millions.

2. Schématiser



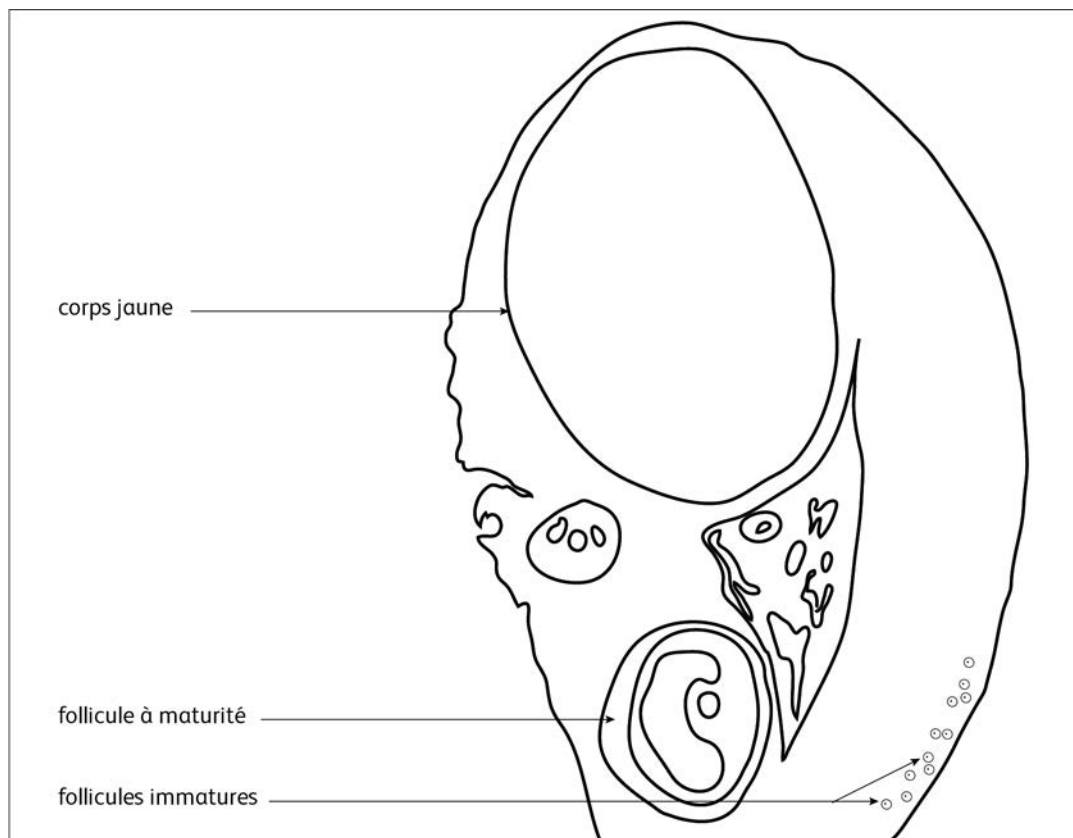
Doc. 2 Organisation des ovaires

Réponses aux questions

3. Lire

La production des ovocytes est cyclique chez la femme. Chaque mois, un nouvel ovocyte est libéré par l'un des deux ovaires.

2. Schématiser



Doc. 3 La production des hormones des testicules et des ovaires

Réponses aux questions

5. Observer

La concentration sanguine de testostérone est constante au cours du temps. Chaque semaine, elle est en moyenne de 750 ng pour 100 mL de sang.

6. Observer

Les concentrations de progestérone et d'œstrogènes durant plusieurs semaines sont irrégulières. Par exemple, durant la première partie du mois, la concentration de progestérone est très faible alors que durant la deuxième partie, elle augmente fortement. Elles varient toutes les deux de manière cyclique.

7. Comprendre

En fin de cycle, la production des hormones sexuelles par les ovaires diminue fortement. On atteint alors les valeurs minimales de concentration en progestérone et en œstrogènes. Débute alors l'élimination de la couche superficielle de la muqueuse utérine lors des menstruations.

BILAN Rédiger

Les testicules produisent des spermatozoïdes et de la testostérone de manière continue, tandis que les ovaires de la femme produisent des ovocytes et des hormones sexuelles (progestérone et œstrogènes) de manière discontinue. On parle alors de fonctionnement cyclique.

2. La régulation du fonctionnement des ovaires

Doc 1 Le rôle du cerveau dans la régulation

Réponses aux questions

1. Observer

Lorsque l'on réalise une ablation de l'hypophyse chez une rate, on observe une atrophie de l'ovaire et une chute des hormones ovariennes. Lorsque l'on réalise la même ablation suivie d'injections régulières de broyat d'hypophyse, on observe alors le déclenchement d'une ovulation, le développement de corps jaunes, ainsi que la présence d'œstradiol et de progestérone dans le sang de la rate.

2. Analyser

En l'absence d'hypophyse, le fonctionnement des ovaires est modifié. Il semblerait donc que cette glande du cerveau agisse sur les ovaires.

Après ablation de l'hypophyse, on retrouve un fonctionnement normal des ovaires lorsque l'on injecte des extraits en provenance de l'hypophyse. On peut en déduire que l'hypophyse libère des hormones qui agissent sur le fonctionnement des ovaires.

Doc. 2 Une action hormonale

Réponses aux questions

3. Expliquer

L'hypophyse libère dans la circulation sanguine deux hormones LH et FSH qui stimulent le fonctionnement des ovaires.

Doc. 3 Les rétrocontrôles exercés par les ovaires

Réponses aux questions

4. Analyser

L'injection de progestérone chez une rate provoque une diminution de la production de LH et de FSH.

L'action des œstrogènes dépend de la concentration injectée. Lorsque la quantité d'œstradiol injectée est faible, les concentrations sanguines de LH et de FSH diminuent. Mais lorsque la quantité est importante, on observe une forte augmentation de la concentration de LH et de FSH.

5. Expliquer

Les ovaires agissent par l'intermédiaire des hormones sexuelles (œstrogènes et progestérone) directement sur l'organe qui contrôle leur fonctionnement, en l'occurrence ici le cerveau (hypophyse).

6. Expliquer

Lorsque la concentration sanguine des hormones sexuelles est faible, celles-ci inhibent le fonctionnement de l'hypophyse qui produit moins de LH et de FSH. On parle de rétrocontrôle négatif.

Au contraire, les œstrogènes, lorsqu'elles sont en grande quantité, stimulent le fonctionnement de l'hypophyse qui libère ainsi massivement LH et FSH dans la circulation sanguine. On parle alors de rétrocontrôle positif.

Doc. 4 Le fonctionnement du complexe hypothalamus/hypophyse

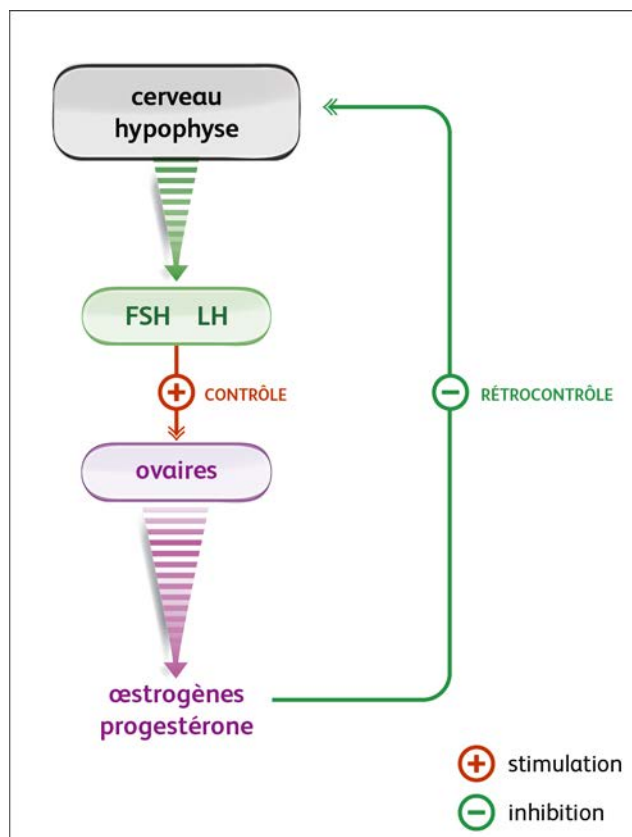
Réponses aux questions

7. Analyser

- a. Les ovaires exercent durant tout le cycle un rétrocontrôle négatif sur le fonctionnement de l'hypophyse, à l'exception de la période pré-ovulatoire.
- b. Au 12 et 13^e jours du cycle, les ovaires exercent un rétrocontrôle positif sur le fonctionnement de l'hypophyse.
- c. Un peu avant l'ovulation, lorsque la concentration en œstrogènes devient maximale, les ovaires exercent un rétrocontrôle positif sur l'hypophyse. Cette glande libère alors une quantité importante de LH et de FSH qui vont déclencher l'ovulation.

BILAN

Schématiser



3. Contraception et IVG hormonales

Doc. 1 Les actions de la pilule contraceptive

Réponses aux questions

1. Observer

Lors de la prise quotidienne des hormones sexuelles de synthèse, on observe que les quantités de LH et de FSH libérées par l'hypophyse restent faibles durant l'intégralité du traitement. En milieu de cycle, le pic de concentration de LH observé précédemment n'apparaît plus.

2. Observer

Durant la prise quotidienne des hormones de synthèse, les concentrations de progestérone et d'œstrogènes libérées par les ovaires deviennent très faibles. Les variations de la concentration de ces hormones sexuelles naturelles ne sont plus cycliques.

3. Raisonner

La pilule contient des hormones sexuelles de synthèse qui, prises de manière continue en faible quantité, exercent durant tout le cycle un rétrocontrôle négatif sur le cerveau. En conséquence, l'hypophyse, ne libérant plus de LH et de FSH, n'est plus à même de stimuler le fonctionnement des ovaires. Ainsi, la production des hormones naturelles ovariennes devient très faible.

4. Expliquer

En milieu de cycle, c'est-à-dire en période ovulatoire, la glaire cervicale d'une femme sans traitement présente des mailles lâches. Au contraire, dans le cas d'une femme prenant la pilule, les mailles de la glaire cervicale sont serrées. En conséquence, comme on peut le voir sur la photographie, la glaire cervicale d'une femme sous pilule empêche le passage des spermatozoïdes du vagin vers la cavité de l'utérus contribuant ainsi à l'action contraceptive de la pilule.

Doc. 2 La contraception d'urgence

Réponses aux questions

5. Observer

Après la prise de la contraception d'urgence, la concentration de LH reste à peu près constante.

6. Raisonner

La contraception d'urgence maintient la concentration en hormone hypophysaire (ici LH) à une valeur très faible. Le pic de sécrétion de LH n'apparaît pas, ce qui empêche l'ovulation d'avoir lieu.

Doc. 3 L'IVG médicamenteuse

Réponses aux questions

6. Observer

RU486 est une hormone de synthèse qui présente une grande similitude de forme avec celle de la progestérone.

7. Analyser

Puisque l'on retrouve de la radioactivité sur les cellules de l'utérus après injection soit de progestérone marquée, soit de RU486 marqué, cela implique que ces deux hormones sont capables de se fixer sur l'utérus.

Lorsque l'on injecte en premier lieu du RU486 non marqué puis de la progestérone marquée, on observe que la radioactivité retrouvée au niveau de l'utérus est beaucoup moins importante que les valeurs associées à l'injection de progestérone marquée seule. On peut supposer que RU486 du fait de sa similitude de forme avec la progestérone, l'empêche de se fixer sur l'utérus. En conséquence, l'utérus ne détecte qu'une petite quantité de progestérone et associe cette situation à celle rencontrée en fin de cycle lorsque les ovaires produisent de moins en moins d'hormones ovariennes. C'est alors que se produisent les menstruations interrompant alors la grossesse en cours.

BILAN Rédiger

Les hormones sexuelles de synthèse contenues dans la contraception hormonale agissent entre autre sur les ovaires et la glaire cervicale empêchant ainsi le déclenchement d'une grossesse. la contraception dite du lendemain (en cas d'urgence) ou l'IVG médicamenteuse (si une grossesse a déjà débuté) sont deux méthodes qui permettent d'éviter la venue d'un enfant non désiré. L'utilisation des hormones sexuelles de synthèse permet aux femmes de choisir le moment de la conception d'un enfant.

4. La régulation des naissances d'hier à aujourd'hui

Doc. 1 Les grandes étapes du XX^e siècle

Réponses aux questions

1. Rédiger

Au cours du XX^e siècle, différentes découvertes scientifiques en particulier la mise au point des hormones sexuelles de synthèse ont permis la mise au point des méthodes utilisées dans la maîtrise de la procréation (contraception, avortement). Mais leur utilisation est restée dépendante des choix politiques sur la natalité.

Ainsi, au sortir de la première guerre mondiale, le gouvernement français, dans le but de repeupler le pays, encourage la natalité et réprime l'avortement et l'utilisation de méthodes de contraception. Ce n'est que dans les années 60 et 70, que différentes lois (Neuwirth et Weil) légalisent le recours à la contraception, puis à l'avortement en France.

Doc. 2 La mise au point de la pilule du lendemain

Réponses aux questions

2. Repérer

La pilule du lendemain est de plus en plus efficace avec un taux d'échec de moins en moins important. En parallèle, les effets secondaires (nausées, vomissements), qui étaient très importants dans les premières versions commercialisées, sont de moins en moins présents chez les utilisatrices.

Les nouvelles molécules de synthèse présentent de moins en moins d'effets secondaires avec une efficacité renforcée.

Doc. 3 De nouveaux contraceptifs hormonaux

Réponses aux questions

3. Observer

Malgré son efficacité, la pilule peut conduire à une grossesse non désirée. En effet, un oubli ou simplement une prise décalée peut nuire à son efficacité.

4. Reasonner

Les nouvelles formes de contraception hormonale (patch, implant, anneau vaginal) présentent l'avantage de diffuser pendant plusieurs jours (ou dans certains cas, plusieurs années) des hormones de synthèse. Aussi, leur utilisation présente l'avantage d'éviter les oublis de prise.

BILAN Rédiger

Les avancées scientifiques dans la mise au point d'hormones de synthèse permettent aujourd'hui de mettre au point des méthodes de contraception de plus en plus efficaces. De plus, des progrès sont réalisés sur la limitation des effets secondaires liés à leur utilisation (nausées, vomissements). Avec le cas de patches, implants et anneaux vaginaux, on a vu apparaître sur le marché des méthodes modernes avec une posologie simplifiée limitant les risques associés à la prise de la pilule.

5. Procréation médicalement assistée

Doc. 1 L'infertilité au sein du couple

Réponses aux questions

1. Analyser

Si on observe l'origine de la stérilité chez les couples rencontrant des problèmes de fertilité, on s'aperçoit que les causes sont multiples. Elles peuvent concerner l'homme, la femme ou bien les deux membres du couple.

Aussi, le dépistage d'éventuelles anomalies de fonctionnement de l'appareil génital doit être réalisé chez les deux conjoints.

Doc. 2 Le rôle des hormones dans la stimulation ovarienne

Réponses aux questions

2. Expliquer

Le fonctionnement des ovaires est sous l'influence des hormones FSH et LH libérées par l'hypophyse. Afin de stimuler le fonctionnement des ovaires pour qu'il y ait formation d'un follicule mature suivie d'une ovulation, on injecte des hormones de synthèse proches des hormones hypophysaires.

3. Observer

En conséquence, chez une femme qui avait un défaut d'ovulation, on arrive à provoquer la libération de l'ovocyte au bon moment.

4. Analyser

La FSH recombinante obtenue par génie génétique est très pure et peut être obtenue en grande quantité. De plus, sa grande efficacité permet de diminuer la durée des traitements et de limiter les effets secondaires qui peuvent apparaître lors des stimulations ovariennes.

Doc. 3 Les étapes de la fécondation in vitro

Réponses aux questions

5. Observer

On utilise des molécules de synthèse apparentées aux hormones hypophysaires lors de la stimulation des ovaires dans le but d'obtenir de nombreux follicules à maturité. Puis juste avant de prélever les ovocytes, on injecte de l'hCG afin de terminer leur maturation.

Doc. 4 Procréation médicalement assistée (PMA) et éthique

Réponses aux questions

6. Analyser

L'accès à la procréation médicalement assistée est strictement réglementé en France par les lois de bioéthique.

BILAN Rédiger

L'utilisation de molécules de synthèse permet entre autre de stimuler les ovaires de femmes infertiles durant des stimulations ovariennes simples ou durant des protocoles de fécondation in vitro.

6. Sexualité et IST

Doc. 1 Les IST

Réponses aux questions

1. Comprendre

Certaines IST peuvent provoquer des salpingites. Les bactéries se développent dans les trompes et empêchent la circulation des spermatozoïdes et des ovocytes.

2. Raisonner

Certaines IST ne présentent pas de symptômes visibles. Aussi, un dépistage permet de vérifier son état de santé et de protéger son entourage d'une éventuelle contamination.

3. Raisonner

Se faire dépister, c'est aussi protéger les autres. De plus, les IST, à l'exception du SIDA et de l'hépatite B, sont assez peu connues. Aussi, il est préférable de poursuivre les campagnes d'informations.

Doc. 2 Préservatifs et IST

Réponses aux questions

4. Observer

Le virus du SIDA peut se transmettre principalement lors de rapports sexuels non protégés ou de l'utilisation de seringues contaminées.

5. Raisonner

Le préservatif est le seul contraceptif qui protège d'une contamination par les IST.

6. Comprendre

Pour les sujets à risques (lorsqu'il existe plusieurs partenaires sexuels par exemple) l'association pilule et préservatif permet de garantir une contraception efficace et une prévention contre les IST.

Doc. 3 IST et vaccination

Réponses aux questions

7. Rechercher

Le vaccin contre les papillomavirus est destiné aux jeunes filles. Il doit être injecté avant le premier rapport sexuel. Il est destiné à prévenir les infections à papillomavirus pouvant entraîner des cancers du col de l'utérus.

BILAN Rédiger

Les infections sexuellement transmissibles se transmettent facilement lors de rapports sexuels non protégés. Aussi, afin de se préserver d'une éventuelle contamination, il est conseillé d'utiliser un préservatif. Par ailleurs, ces infections ne sont pas tout le temps associées à des symptômes visibles. Ainsi, il est préférable de se faire dépister pour vérifier son état de santé et protéger son entourage.

Correction des exercices

4. Rôle de l'hypophyse

1. Les follicules ovariens immatures sont présents sur une coupe d'ovaire à la périphérie, alors que les follicules en cours de maturation se retrouvent plus vers l'intérieur.
2. Les follicules en cours de maturation sont de plus en plus gros avec une ou plusieurs cavités.
3. L'ovaire d'une guenon ayant subi une ablation de l'hypophyse est atrophié et ne présente pas de follicules matures.
4. En l'absence d'hypophyse, les follicules ne se développent plus, le fonctionnement des ovaires est inhibé. L'hypothalamus semble donc responsable de la stimulation de l'hypophyse.

5. Test de grossesse ou d'ovulation

1. Le pic de sécrétion de LH par l'hypophyse déclenche l'ovulation.
2. Le test d'ovulation détecte donc la présence de LH en grande quantité.
3. En fin de cycle, on observe une chute de la concentration des hormones sexuelles progestérone et œstrogènes.
4. Chez une femme enceinte, on observe au contraire une augmentation importante de la concentration en progestérone et œstrogènes.
5. Si la concentration en hormones sexuelles est importante, alors la femme est sûrement enceinte.
6. En fin de cycle, chez la femme enceinte, la concentration des hormones sexuelles est forte ; chez une femme sans grossesse en cours la concentration est faible. Mais dans les deux cas, on peut détecter la présence d'hormones sexuelles. Aussi, un test basé sur la détection d'une de ces deux hormones ne serait pas efficace pour savoir si une femme est enceinte.
7. hCG est une hormone qui apparaît dans le sang des femmes enceintes. Les tests de grossesse sont basés sur la détection de cette hormone dans les urines des femmes.



6. Pilule du lendemain

1. Les deux contraceptions d'urgence sont efficaces. Selon cette étude, l'efficacité d'Ellaone est légèrement supérieure à celle de Norlevo.
2. Les effets secondaires indésirables sont sensiblement équivalents dans les deux cas.
3. Les caractéristiques d'Ellaone (efficacité, effets secondaires) sont au moins identiques à celles de Norlevo. Aussi, la commission indépendante chargée de savoir si Ellaone devait être remboursé par la sécurité sociale de manière identique au Norlevo, a validé la demande du laboratoire.

Sciences et Sociologie

7 Les limites de la procréation médicalement assistée.

1. La natalité est en forte augmentation en France
2. Le taux de fécondité augmente avec l'âge jusqu'à 30 ans. Puis, il diminue progressivement pour devenir presque nul à 45 ans.

Les jeunes femmes ne désirent pas toutes avoir un enfant rapidement. En effet, du fait de l'allongement de la durée des études, un projet de maternité est souvent envisagé vers 30 ans. Par ailleurs, le taux de fécondité diminue progressivement à partir de 30 ans. On peut penser qu'à partir de cet âge, la fertilité des femmes diminue.

3. Plus on réalise de tentatives et plus les chances d'avoir un enfant augmentent.
4. Les femmes de moins de 40 ans rencontrent un meilleur taux de réussite après une tentative de FIVETE que les autres. Lorsque l'on réalise plusieurs essais, ce taux passe de 33 à 65 % pour les femmes de moins de 35 ans. Au contraire pour les femmes de plus de 40 ans, il passe seulement de 9 à 23 %.
5. Les femmes de moins de 35 ans voient leur chance d'avoir un enfant fortement augmenter lorsqu'elles réalisent plusieurs tentatives. Pour les femmes âgées de plus de 40 ans, la multiplication des tentatives n'augmente pas de manière importante leurs chances de réussite. Aussi, il semblerait que les tentatives de FIVETE ne compensent pas le déclin de la fertilité lié à l'âge des femmes.

Chapitre 11. Devenir homme ou femme

Manuel pages 185 à 204

Objectifs généraux

Ce chapitre présente les différentes étapes qui permettent la mise en place et la fonctionnalité des appareils sexuels. Cette étude commence à la fécondation pour finir à la puberté. Elle permet de découvrir l'origine de l'acquisition des caractères sexués des individus avec sa composante génétique et hormonale.

Devenir homme ou femme, c'est aussi vivre sa sexualité. On parlera alors d'identité sexuelle et d'orientation sexuelle.

Pour finir, le comportement sexuel des Mammifères, et en particulier celui de l'Homme, sera étudié afin de trouver ce qui l'influence. Les actions des hormones et du système de récompense seront ainsi discutées.

Choix pédagogiques

La progression choisie repose sur l'étude de la différenciation de l'appareil génital de l'Homme (activités 1 et 2). Cette étude qui va de la fécondation à la puberté doit s'appuyer, comme l'indique le programme, sur des données médicales.

On voit ainsi que la fécondation, fusion d'un spermatozoïde et d'un ovocyte, représente le premier événement qui déterminera le sexe de l'individu. En fonction de la paire de chromosomes sexuels reconstituée au moment de la fécondation, l'individu sera mâle ou femelle. L'étude se poursuit par les événements du développement embryonnaire qui aboutissent à la différenciation de l'appareil génital externe et interne. En dernier lieu, l'acquisition du phénotype sexuel est finalisée au moment de la puberté lorsque les gonades produisent les hormones sexuelles.

La suite du chapitre s'oriente vers le comportement sexuel. Dans un premier temps (activité 3), une discussion est proposée autour de l'identité sexuelle et de l'orientation sexuelle afin d'évaluer, entre autre, l'influence des représentations sociales.

Pour terminer, on verra (activités 4 et 5) comment les hormones et le système de récompense influencent le comportement sexuel des mammifères. Une précision évolutive (activité 6) sera apportée en démontrant que chez les primates hominoïdes, l'influence hormonale a progressivement diminuée au profit de celle du système de récompense.



Ressources

Ouvrages généraux et spécialisés

Biologie du développement, Gilbert, 2^e édition, 2004, De Boeck.

Biologie du développement : les grands principes, Wolpert, Éditions Dunod.

La reproduction chez les mammifères et l'homme, sous la direction de C. Thibault et M.-C. Levasseur, Ellipses, INRA.

Les fonctions de l'hypothalamus, M.-H. Pérez, D. Richard, Sciences 128, Éditions Nathan.

Physiologie humaine, Vander, Sherman, Luciano, 3^e édition, Éditeur Chenelière/McGraw-Hill, .

Hormones et grandes fonctions – Volume 1, Jean Boissin, Jean Clos, Pierre Deschaux, et al., Ellipses 1992.

Hormones et grandes fonctions – Volume 2, Jacques Bourbon, Alain Freminet, Jean-Michel Garel, Ellipses.

Articles et publications

Le plaisir, CERVEAU ET PSYCHO, Numéro spécial août-octobre 2010.

Comment le cerveau gère notre sexualité, SCIENCES ET AVENIR, n° 744, février 2009.

Hormones, la menace chimique, SCIENCES & VIE, n° 1095, décembre 2008.

Pourquoi le cerveau devient dépendant, LA RECHERCHE, n° 417, mars 2008.

Vie sexuelle : des molécules aux comportements, supplément au bulletin de l'APBG n°3, 2008.

Brain activation during male ejaculation, G. Holstege et al., THE JOURNAL OF NEUROSCIENCE, 8 octobre, 2003, vol.23, n° 27 : pp. 9185-9193.

Functionnal MRI of the brain during orgasm in women, B. Komisaruk, B. Whipple, ANNUAL REVIEW OF SEX RESEARCH, 2005, n° 16 : pp. 62-86.

Infusions of bicuculline to the ventral tegmental area attenuates sexual, exploratory, and anti-anxiety behavior of proestrous rats, Frye, Paris, PHARMACOLOGY, BIOCHEMISTRY AND BEHAVIOR, 2009, vol. 93 n° 4, pp. 474-481.

Primate Brain Evolution : Genetic and Functional considerations, Keverne, Martel, Nevison, PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF BIOLOGICAL SCIENCES, juin 1996, vol. 263, n°1371, pp. 689-696.

Sites internet

http://lecerveau.mcgill.ca/flash/index_i.html

Films

Mâles en péril T. de Lestrade (Arte).

Du baiser au bébé, T. Berrod (Mona Lisa).

The meaning of sex : Genes and Gender, DVD du Howard Hughes Institute Holiday Lectures on Science.

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Le déterminisme génétique du sexe

Doc. 1 Différentes échelles d'observation

Réponses aux questions

1. Observer

Un individu de sexe masculin possède une paire de chromosome XY (échelle caryotype), possède un pénis avec deux bourses (morphologie) et présente deux testicules avec épидидyme reliés au pénis par le canal déférent (anatomie).

Un individu de sexe féminin possède une paire de chromosome XX (échelle caryotype), possède une vulve et des seins (morphologie) et présente deux ovaires, un utérus, un vagin et des trompes (anatomie).

Doc. 2 Fécondation et détermination du sexe génétique

Réponses aux questions

2. Observer

Les spermatozoïdes possèdent soit 22 chromosomes et un chromosome sexuel X, soit 22 chromosomes et un chromosome sexuel Y.

3. Interpréter

Un ovocyte possédant un chromosome sexuel X va être fécondé par un spermatozoïde contenant soit un chromosome X, soit un chromosome Y.

Dans le premier cas, la paire de chromosome sexuel sera XX et l'individu sera de sexe féminin. Dans l'autre cas, la paire de chromosome sexuel sera XY et l'individu sera de sexe masculin.

Doc. 3 Rôle du chromosome Y

Réponses aux questions

4. Observer

Les chromosomes X et Y possèdent des gènes en commun et d'autres qui leurs sont propres. Le nombre de gènes situés sur le chromosome X est plus important que le nombre de gènes présents sur le chromosome Y.

5. Analyser

Lorsqu'il manque certaines régions du chromosome Y, les individus présentent des troubles dans la production des spermatozoïdes ou présentent une morphologie de femme.

6. Raisonner

Le chromosome Y possède des gènes qui interviennent dans la production des spermatozoïdes, mais aussi un ou plusieurs gènes impliqués dans la différenciation du sexe.

BILAN Rédiger

Les spermatozoïdes contiennent soit un chromosome sexuel X, soit un chromosome sexuel Y. Les ovocytes contiennent un chromosome X. Lors de la fécondation, on constitue une paire XX (l'individu sera alors de sexe féminin) ou bien une paire XY (l'individu sera alors de sexe masculin).

2. Le déterminisme hormonal du sexe

Doc. 1 Mise en place des organes génitaux externes

Réponses aux questions

1. Observer

Avant la 12^e semaine de grossesse, la morphologie externe de la région génitale est identique chez un fœtus fille et un fœtus garçon. On parle d'un stade indifférencié.

Doc. 2 Mise en place des organes génitaux internes

Réponses aux questions

2. Observer

Lorsque l'embryon possède des testicules, le canal de Wolff se développe et le canal de Müller régresse. Lorsque l'embryon possède des ovaires, c'est l'inverse : le canal de Wolff régresse et le canal de Müller se développe.

Doc. 3 Le rôle des hormones

Réponses aux questions

3. Analyser

La testostérone permet la différenciation des canaux de Wolff en épididyme, canal déférent et glandes annexes. De son côté, l'AMH permet la régression des canaux de Müller.

4. Raisonner

En l'absence des hormones testiculaires, testostérone et AMH, les canaux de Wolff dégénèrent et les canaux de Müller se différencient en trompes, utérus et vagin.

Doc. 4 La puberté

Réponses aux questions

5. Interpréter

Lorsque la concentration en testostérone commence à augmenter à la puberté chez les garçons, on voit apparaître progressivement les caractères sexuels secondaires. De même, l'élévation de la concentration en œstrogènes chez les jeunes filles à la puberté concorde avec le début d'apparition des caractères sexuels secondaires féminins.

BILAN Rédiger

La mise en place des organes génitaux est sous la dépendance des hormones sexuelles. En présence d'hormones testiculaires, AMH et testostérone, le fœtus présente des caractéristiques mâles. En l'absence de ces hormones, le fœtus présente des caractéristiques femelles.

Par ailleurs, au moment de la puberté chez les garçons, l'augmentation de la sécrétion de testostérone par les testicules s'accompagne de l'apparition de caractères sexuels secondaires mâles. Chez les filles, l'augmentation de la libération d'œstrogènes s'accompagne de l'apparition de caractères sexuels secondaires féminins.

3. Identité sexuelle et normes sociales

Doc. 1 L'identité sexuelle

Réponses aux questions

1. Lire

À chaque genre, on associe un panel d'actions ou de pensées propres. Cela revient à considérer que l'ensemble du genre féminin agit ou pense d'une certaine manière et que l'ensemble du genre masculin le fait aussi mais différemment. On parle alors de comportements stéréotypés.

2. Interpréter

Depuis l'enfance, l'environnement familial et scolaire attend de chaque individu un comportement en concordance avec l'idée que l'on se fait du genre masculin ou féminin. Aussi dès le plus jeune âge, chacun va inconsciemment être imprégné des attentes ou des projections de son entourage.

3. Interpréter

Il y a plusieurs clichés associés à cette affiche : celui d'une famille heureuse, celui d'un couple encadrant leur jeune enfant pour le préserver et le protéger ; les personnages sont présentés comme « biens sous tous rapports », la femme a une posture bien droite, les pieds joints, elle porte une robe avec à proximité son sac à main, l'homme est en costume avec cravate et à l'allure du bon père de famille, leur enfant est habillé en écolier modèle avec cravate, petit short et chaussettes remontées, il incarne l'enfant modèle.

Doc. 2 L'orientation sexuelle : respecter l'intimité de chacun

Réponses aux questions

4. Rechercher

Le Secret de Brokeback Mountain (2005) est un film dramatique américain réalisé par Ang Lee. Il est adapté d'une nouvelle d'Annie Proulx, pour le quel elle a obtenu le prix Pulitzer.

L'histoire relate la passion secrète vécue pendant vingt ans par deux hommes, Ennis del Mar et Jack Twist qui « avaient grandi dans deux misérables petits ranchs aux deux extrémités de l'État du Wyoming ».

La difficulté d'être homosexuel, que ce soit vis-à-vis de soi-même ou vis-à-vis de la société, est au cœur de ce récit, qui permet d'appréhender le choix de l'homosexualité et de la pression sociale exercée sur les individus dans leur choix de vie.

Harvey Milk (2008) est un film dramatique américain réalisé par Gus van Sant.

Le film retrace les huit dernières années de la vie d'Harvey Milk. Dans les années 70, il fut le premier homme politique américain ouvertement *gay* à être élu à des fonctions officielles, à San Francisco en Californie. Son combat pour la tolérance et l'intégration des communautés homosexuelles lui coûta la vie. Son action a changé les mentalités, et son engagement a changé l'histoire.

5. Analyser

On ne peut juger une personne pour son orientation sexuelle. L'orientation sexuelle appartient à la sphère privée des individus et doit donc être respectée.

BILAN Rédiger

L'identité sexuelle se construit depuis la naissance. Elle est très tôt orientée par le genre auquel on appartient. Les jeux sont souvent différents selon le sexe (jeux de construction pour les garçons, poupées pour les filles par exemple) ; les activités extrascolaires également (activité sportive pour les garçons, découverte d'un instrument de musique pour les filles). Les activités sont sexuées ce qui se prolonge plus tard avec l'activité professionnelle (« infirmière versus pompier »). Au final, la construction de notre identité sexuelle est sous l'influence du contexte socioculturel et familial qui nous entoure.

4. Le comportement sexuel.

Doc. 1 Le comportement sexuel des Mammifères

Réponses aux questions

1. Lire

Le comportement sexuel des mammifères est en général saisonnier ce qui implique que les copulations aient lieu durant une période précise de l'année. Au contraire, chez l'Homme, le comportement sexuel n'est ni saisonnier, ni cyclique. Il est même dissocié de la reproduction.

2. Observer

Chez les rates, l'activité sexuelle est précédée d'une élévation de la concentration des hormones sexuelles œstradiol et progestérone. Chez le rat, le comportement de copulation accompagne l'augmentation de la concentration en testostérone.

3. Analyser

Chez les mâles comme chez les femelles, l'augmentation de la concentration en hormones sexuelles juste avant l'activité sexuelle laisse penser que le comportement sexuel est sous l'influence hormonale.

Doc. 2 Le rôle des hormones

Réponses aux questions

4. Lire

Après ablation des ovaires, on observe la disparition du comportement de lordose chez les femelles. Chez les mâles, l'ablation des testicules est suivie de la disparition des tentatives de copulation. Ainsi, l'ablation des gonades inhibe le comportement sexuel chez les Mammifères.

5. Analyser

Lorsque l'on injecte des œstrogènes à des rates ayant subi une ablation des ovaires, on observe une augmentation de l'activité sexuelle. De plus, plus la dose est importante et plus le comportement sexuel s'intensifie.

Doc. 3 Mode d'action des hormones sexuelles sur le comportement

Réponses aux questions

6. Lire

Lorsque l'on stimule électriquement certaines régions de l'hypothalamus (aire préoptique, noyau ventro-médian), on observe un comportement automatique de copulation chez les mâles et de lordose chez les femelles. Lorsque l'on arrête les stimulations, le comportement sexuel cesse. Ainsi, on peut en conclure que l'activité sexuelle est dirigée par certaines régions de l'hypothalamus.

7. Analyser

Si on injecte de faibles quantités d'œstradiol au niveau des régions activées électriquement mentionnées précédemment, on observe l'activation d'un comportement sexuel chez les rates. Il semblerait donc que les hormones sexuelles influencent le comportement sexuel en agissant directement au niveau de certaines régions de l'hypothalamus impliquées dans leur déclenchement.

BILAN Rédiger

Les hormones sexuelles influencent le comportement sexuel des Mammifères. Chez les rats et les rates, l'augmentation de la concentration de ces hormones précède tout comportement sexuel. De plus, leur présence au niveau cérébral (hypothalamus) induit le comportement de lordose chez les femelles.

5. Le système de récompense

Doc. 1 L'aire tegmentale ventrale

Réponses aux questions

1. Lire

Lors d'un rapport sexuel, au cours de l'orgasme, l'aire tegmentale ventrale est une région du cerveau où le débit sanguin augmente fortement signe de son intense activité. On peut donc considérer que l'aire tegmentale ventrale est associée au plaisir.

Doc. 2 Le mécanisme de fonctionnement du système de récompense

Réponses aux questions

2. Analyser

Chez l'Homme, certaines actions en rapport par exemple avec l'alimentation, la protection ou la reproduction, sont associées à l'activation du circuit de la récompense. Aussi, lors de la réalisation d'actions menant à ces besoins fondamentaux, le cerveau est activé. Il s'en suit alors une sensation de plaisir censée « récompenser » l'action effectuée.

Doc. 3 Mise en évidence du système de récompense

Réponses aux questions

3. Lire

Lorsque l'on associe, chez un animal, une action à la stimulation électrique du système de récompense, on s'aperçoit que l'animal réalise cette action de manière répétée, voire obsessionnelle. Lors de ces expériences, on constate donc que la stimulation du système de récompense modifie le comportement de l'animal qui recherche la sensation de plaisir associée à une action déterminée.

Doc. 4 Un comportement sexuel influencé par le système de récompense

Réponses aux questions

4. Analyser

Lorsque l'on bloque le fonctionnement de l'aire tegmentale ventrale, on remarque que le comportement sexuel du rat est modifié. En effet, dans le cadre de cette expérience, le nombre de postures liées à l'accouplement diminue fortement avec le blocage chimique du système de récompense.

BILAN Rédiger

Le comportement sexuel des Mammifères est sous le contrôle du système de récompense. En effet, les activités sexuelles sont « récompensées » par une sensation de plaisir par activation du système de récompense. Chez les Mammifères, les actions en rapport avec la reproduction activent le système de récompense. Ils agissent donc dans le désir de la satisfaction associée à leurs actions.

6. Évolution et comportement sexuel

Doc. 1 Action des hormones sexuelles sur le cerveau

Réponses aux questions

1. Observer

Les régions du cerveau qui possèdent beaucoup de sites d'action aux hormones sexuelles sont : l'hypothalamus, l'hypophyse, certaines aires du système de récompense.

2. Analyser

L'influence hormonale sur le système de récompense varie en fonction des aires. Cette influence est importante sur l'aire tegmentale ventrale et le noyau accumbens en particulier. Cependant, les hormones sexuelles n'ont aucune influence sur le cortex préfrontal, comme en témoigne l'absence de sites de fixation au niveau du cortex.

3. Lire

Lorsque l'on bloque la fixation des hormones sexuelles sur l'aire tegmentale ventrale, on remarque la disparition du comportement sexuel chez les rats et les rates.

Doc. 2 Comparaison des cerveaux de différents vertébrés

Réponses aux questions

4. Observer

On observe une augmentation importante de la taille du cerveau entre le Rat, le Chat puis l'Homme. C'est le cortex qui semble se développer et prendre de plus en plus d'importance.

5. Observer

Chez le Rat, le cortex préfrontal représente 3 % du volume cérébral alors que chez l'Homme, il représente 30 % du volume total.

6. Comprendre

Chez l'Homme, on remarque une augmentation importante de la taille du cerveau. Le cortex préfrontal est considérablement développé par rapport aux autres espèces présentées.

Doc. 3 Rôle central du cortex préfrontal

Réponses aux questions

7. Observer

L'hypothalamus est le centre de contrôle du comportement sexuel. Il reçoit des informations en provenance de certaines aires du système de récompense, en particulier des aires du cortex préfrontal.

8. Lire

Le cortex préfrontal gouverne les comportements sexuels : du fait de son action sur l'hypothalamus, il contrôle les comportements instinctifs comme la faim, la soif et la reproduction.

BILAN Rédiger

Le comportement sexuel est déclenché au niveau de l'hypothalamus. Cette région du cerveau est sous l'influence conjointe des hormones sexuelles et du système de récompense. Chez le Rat, du fait du faible développement du cortex préfrontal, l'influence hormonale est importante. Chez l'Homme, le cortex préfrontal, qui n'est pas sensible à l'action hormonale, est fortement développé. En conséquence, l'influence hormonale chez l'Homme a fortement diminué au profit de l'influence du système de récompense.

Correction des exercices

4. Étude d'un cas clinique d'ambiguïté sexuelle

1. Le caryotype présente 22 paires de chromosome et une paire XY de chromosomes sexuels. Le sexe génétique de cet individu est masculin.
2. En position 220, l'allèle possédé par cette personne présente un nucléotide à thymine à la place d'un nucléotide à cytosine. L'allèle de cette personne est donc muté par rapport à celui d'une personne normale.
3. La mutation du gène SRY aboutit à une personne de sexe génétique mâle mais présentant un phénotype de femme avec des ovaires. En présence d'un allèle normal de SRY, l'individu aurait été un homme. On en déduit que le gène SRY doit intervenir dans le déterminisme du sexe des mâles.

5. Androgènes anabolisants

1. Chez une personne qui ne fait pas d'exercice physique, des injections de testostérone augmentent la taille du quadriceps et la force musculaire développée par ce muscle. L'exercice physique permet aussi de développer la masse et la force musculaire. Lorsqu'une personne réalise en même temps un entraînement et des injections de testostérone, on s'aperçoit qu'elle présente des quadriceps d'une plus grande taille avec une force musculaire encore plus importante.
2. Les sportifs prenant des androgènes de synthèse cherchent à mimer les effets de la testostérone dans le but d'augmenter la masse et la force de leur musculature.
3. Les androgènes de synthèse provoquent chez la femme l'augmentation de la pilosité, la modification de la voix qui devient plus grave, une acné juvénile, la diminution du volume des seins, voire dans certains cas, une perturbation des cycles menstruels.
4. La testostérone est responsable chez les garçons de l'apparition des caractères sexuels secondaires masculins. Lorsque cette hormone ou une autre substance de synthèse apparentée est utilisée chez les femmes, des caractères sexuels secondaires masculins apparaissent progressivement.

6. Comportement sexuel chez le rat

1. On cherche à déterminer l'effet des œstrogènes sur le comportement sexuel. Afin d'éviter l'influence des hormones sexuelles libérées naturellement par les mâles et les femelles, on enlève les organes qui les sécrètent, à savoir les testicules ou les ovaires.
2. **a.** Lorsque l'on injecte des œstrogènes à des rates sans ovaires, on observe que la fréquence du comportement de lordose augmente avec la durée du traitement.
b. Les œstrogènes déclenchent le comportement de lordose chez les rates. Leur activité sexuelle est donc sous la dépendance des hormones sexuelles libérées habituellement par les ovaires.

3. a. Lorsque l'on fait de même avec des mâles, on s'aperçoit qu'ils prennent aussi le comportement de lordose. Plus la durée de traitement est importante et plus la fréquence du comportement de lordose est élevée.

b. Les rats qui subissent des injections d'œstrogènes, hormones habituellement libérées par les ovaires des rates, changent de comportement sexuel. En effet, ils prennent des comportements caractéristiques des femelles.

Histoire des Sciences

7. Système de récompense

1. Lorsque l'on augmente le voltage des stimulations électriques réalisées au niveau de l'aire tegmentale ventrale, on observe une élévation de la fréquence des pressions déclenchant les autostimulations. Lorsque l'animal a le choix entre deux pédales, l'une donnant accès à la nourriture et une autre déclenchant la stimulation du système de récompense, on observe que cette dernière est préférée. Lorsque l'expérience se prolonge, le rat est devenu dépendant et va dans certains cas jusqu'à se laisser mourir de faim.

2. Lorsque l'on arrête les stimulations associées à la pression sur la pédale, le rat arrête d'appuyer dessus. Puis, lorsque l'on relie de nouveau la pédale au courant électrique, l'animal reprend les pressions sur la pédale.

3. Au cours de l'expérience, l'animal augmente progressivement le nombre de pressions sur la pédale. Cela a pour effet de stimuler de plus en plus fréquemment l'aire tegmentale ventrale, et donc la sensation de plaisir qui lui est associée. Ce comportement devient de plus prononcé, jusqu'au moment où l'animal préfère déclencher la stimulation de son circuit de récompense au détriment de sa propre alimentation. L'animal est devenu dépendant de ce plaisir déclenché et oriente son comportement dans le but de le ressentir de nouveau.

Chapitre 12. Énergie : besoins et ressources

Manuel pages 209 à 226

Choix pédagogiques

Le but de ce chapitre est de rappeler les notions d'énergie et de puissance afin de les distinguer. Les besoins énergétiques mondiaux ne cessent de croître ; l'Asie est aujourd'hui la région du monde où ces besoins se multiplient. Nous répertorions les ressources et les classons en renouvelables ou non.

Liens vers des sites intéressants

Sources de données sur la consommation et la production d'énergie données par BP

<http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023766&contentId=7044197>

http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf

Site de L'Express – L'Expansion sur les énergies

http://energie.lexpansion.com/energies-renouvelables/le-renouveau-des-barrages-francais_a-33-4571.html

Énergies renouvelables

http://www.minefe.gouv.fr/directions_services/cedef/synthese/enr/references.htm

<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=10492>

Hydroélectricité

<http://energie.edf.com/hydraulique/hydraulique/accueil-47693.html>

La Documentation française

Problèmes économiques « Bataille autour des ressources énergétiques » (n°2996)

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/changement-climatique/index.shtml>

Besoins énergétiques

Le site de RTE pour connaître la consommation d'électricité en temps réel et son origine :

<http://www.rte-france.com/fr/developpement-durable/maitriser-sa-consommation-electrique/eco2mix-consommation-production-et-contenu-co2-de-l-electricite-francaise>

Site gouvernemental du Grenelle de l'environnement :

http://www.mdrgf.org/pdf/Rapport_complet_officiel_Grenelle_bd.pdf

Le rapport du ministère de l'écologie sur les chiffres clés de l'énergie (PDF).

Le cycle du combustible nucléaire (y compris les méthodes d'enrichissement) :

<http://www.sfen.org/fr/intro/cycle.htm>

Site de l'IFP pour les ressources de gaz et pétrole :

<http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/l-ifp/en-bref>

Site du département de la Loire :

<http://www.siel42.fr/energie/maitrison.htm><http://www.siel42.fr/energie/maitrison.htm>

Corrigés des doubles pages d'activités

1. Quantifier les besoins : puissance et énergie

Commentaire. Les notions de puissance et d'énergie ont été vues au collège, l'objectif est donc de revoir ces grandeurs physiques et leurs unités SI et usuelles.

Doc. 1 Combattre les idées fausses

Commentaire. Le but de l'activité est de distinguer la puissance de la lampe qui est intrinsèque à celle-ci, de l'énergie consommée qui fait intervenir la durée d'allumage.

Réponse aux questions

1. Émettre des hypothèses

Bien que l'ampoule des toilettes ait une puissance supérieure à celle du bureau ($60 \text{ W} > 40 \text{ W}$), la pièce de la maison où la consommation sera la plus élevée sera le bureau car l'ampoule y restera allumée bien plus longtemps.

Doc. 2 Expérimenter : découvrir le lien entre puissance et énergie

Commentaire. Le lien entre énergie et durée ayant été fait à l'activité précédente, l'expérience donne une relation de proportionnalité entre ces deux grandeurs.

Réponses aux questions

2. Expliquer

Le passage du courant dans le conducteur ohmique de la bouilloire provoque une augmentation de la température de celle-ci. Le conducteur ohmique permet une conversion d'énergie par transfert thermique.

3. Interpréter

La température de l'eau augmente à son tour. L'ordre de grandeur est 13 ou 14 °C si la puissance de la bouilloire est $P = 2 \text{ kW}$.

4. Interpréter

Puisqu'un chauffage deux fois plus long provoque une élévation de température deux fois plus grande, la relation de proportionnalité entre l'énergie et la durée est vérifiée.

Doc. 3 Facture d'électricité d'un particulier

Réponses aux questions

5. Reasonner

L'unité de puissance utilisée ici est le kVA ; celle d'énergie est kWh. La relation qui lie la puissance P (unité : watt, W), la tension électrique U (unité : volt, V) et l'intensité du courant électrique I (unité : ampère, A) est : $P = U \times I$; le voltampère (VA) est donc bien homogène à des watts.

6. Calculer

L'abonné a consommé 510 kWh.

a. L'énergie consommée en joules est : $510 \times 1\,000 \times 3\,600 \text{ J} = 1\,836 \text{ MJ} = 1\,836 \times 10^6 \text{ J}$.

b. La durée de facturation est $t = 2 \text{ mois} = 2 \times 30 \times 24 \times 3\,600 \text{ s} = 5\,184 \times 10^3 \text{ s}$.

La puissance moyenne consommée est $P = \frac{\mathcal{E}}{t} = \frac{1\,836 \times 10^6}{5\,184 \times 10^3} = 354 \text{ W}$.

7. Calculer

La puissance maximale disponible est $P_{\text{max}} = 6 \text{ kW}$.

En 12 heures, l'abonné peut consommer une énergie de :

$$\mathcal{E} = 6 \times 12 \text{ kWh} = 72 \text{ kWh} = 259,2 \text{ MJ}.$$

BILAN Rédiger

La puissance se mesure en watt et l'énergie en joule. L'énergie consommée par un appareil est égale à la puissance nominale de l'appareil multipliée par le temps d'utilisation d'un appareil : à puissances égales, l'appareil qui est utilisé le plus longtemps est celui qui consomme le plus d'énergie.

2. Besoins énergétiques engendrés par les activités humaines

Commentaire. Il s'agit de faire réfléchir les élèves sur le fait que toute activité humaine consomme de l'énergie, directement ou indirectement.

Doc. 1 Quels secteurs consomment du pétrole ?

Commentaire. Les élèves disposent avec cette activité de la liste des activités humaines qui consomment du pétrole.

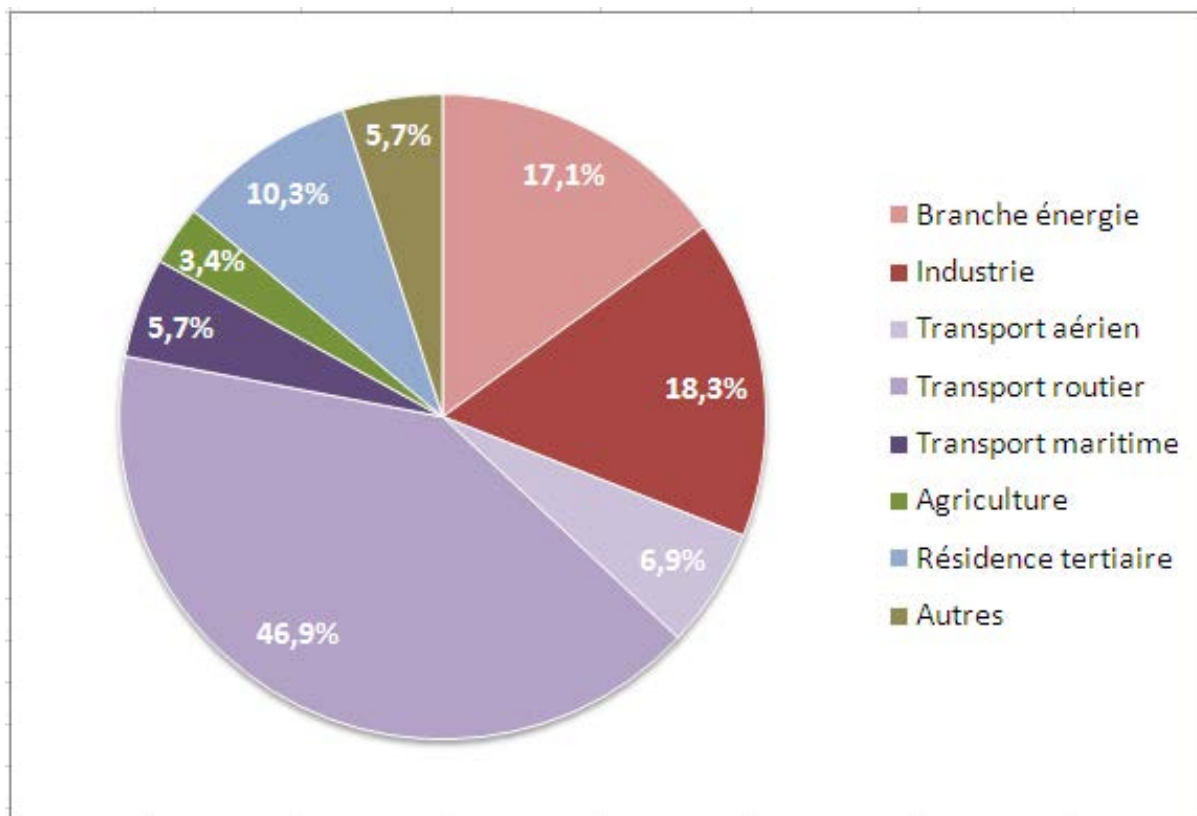
Dans la feuille de calculs, la formule de calcul utilise le symbole \$:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Branche énergie	Industrie	Transport aérien	Transport routier	Transport maritime	Agriculture	Résidence tertiaire	Autres	consommation française de pétrole en 2009 (en millions de tonnes)
2	Pourcentage de la consommation	15	16	6	41	5	3	9	5	87,5
3	Consommation de pétrole	=B2/\$J\$2								

Résultats

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Branche énergie	Industrie	Transport aérien	Transport routier	Transport maritime	Agriculture	Résidence tertiaire	Autres	consommation française de pétrole en 2009 (en millions de tonnes)
2	Pourcentage de la consommation	15	16	6	41	5	3	9	5	87,5
3	Consommation de pétrole	17,1%	18,3%	6,9%	46,9%	5,7%	3,4%	10,3%	5,7%	

Camembert



Réponses aux questions

1. Calculer

Le secteur des transports correspond à 52 % de la consommation.

2. Argumenter

Les transports représentent plus de la moitié de la consommation de pétrole, ce qui n'apparaît pas clairement par une lecture rapide du tableau, ce qui justifie la construction d'un diagramme. Ce poste est important en France car la branche énergie est faible, en raison de la production d'électricité par la voie nucléaire.

Doc. 2 Ordres de grandeur de puissances

Commentaires. Les élèves disposent de données de puissances d'appareils usuels (lampes, four...) mais aussi de dispositifs de plus grande puissance (moteur de TGV, etc.).

Les élèves revoient les préfixes de multiples et sous-multiples et font des conversions pour comparer les puissances.

Réponse aux questions

3. Lire

Par ordre croissant de puissance, les dispositifs sont :

DEL ; lampe basse consommation ; fer à repasser ; four de cuisinière ; un moteur de TGV (9 000 kW = 9 MW) ; l'éclairage de la ville de Paris ; tranche de centrale nucléaire (1 300 MW = 1,3 GW) ; besoins moyens de la France.

4. Calculer

Convertissons 1 an en heures : 1 an = 365 jours \times 24 = 8 760 heures.

Puisqu'une centrale délivre environ $1,3 \times 10^6$ kW, l'énergie qu'elle produit en 1 an est :

$$\mathcal{E}_{\text{an}} = 1,3 \times 10^6 \times 8\,760 \text{ kWh} = 11\,388 \times 10^6 \text{ kWh} = 1,14 \times 10^{10} \text{ kWh}.$$

5. Calculer

Le nombre N de tranches de centrales nécessaires est :

$$N = \frac{1,3 \times 10^{14}}{1,14 \times 10^{10}} = 11\,400.$$

Commentaire. Dans le monde, il y a actuellement un peu plus de quatre cents réacteurs de centrales nucléaires en fonctionnement ; il en faudrait donc 30 fois plus pour couvrir les besoins énergétiques mondiaux uniquement à partir de ce mode de production.

Doc. 3 La consommation de pétrole dans le Monde

Réponses aux questions

6. Observer

L'Asie est la région du monde qui a consommé le plus de pétrole brut en 2009.

7. Analyser

Cependant un Asiatique consomme environ $\frac{18}{4,4} \approx 4$ fois moins d'énergie qu'un habitant d'Amérique du Nord.

Doc. 4 Utiliser une nouvelle unité pour l'énergie : le tep

Réponses aux questions

8. Observer

La ressource dont la consommation a le plus augmenté au cours de la décennie est le charbon.

Commentaire. La durée caractéristique du charbon (voir les activités de la page 217 pour cette notion) est supérieure à celle des autres ressources fossiles. C'est pourquoi la consommation de charbon augmente encore, notamment en Chine qui possède de grandes réserves.

9. Calculer

L'augmentation de la consommation d'énergie de l'Asie a été de :

$$\frac{4\,147 - 2\,475}{2\,475} = 0,68.$$

Donc l'augmentation a bien été de 68 %.

Une augmentation de 68 % sur 4 147 millions donne 2 802 millions de tep supplémentaires, soit une consommation de 6 950 millions de tep en 2019.

Commentaire. Les pays les plus peuplés consomment de plus en plus d'énergie ; la consommation mondiale d'énergie va encore croître dans la prochaine décennie.

BILAN Rédiger

Dans le monde, la consommation énergétique par habitant est très inégale. Actuellement, les habitants des pays les plus peuplés, Chine et Inde notamment, consomment encore peu d'énergie. Mais leur consommation d'énergie croît, contrairement à celle des habitants des pays grands consommateurs.

3. Les différentes formes d'énergie

Commentaire. Les élèves répertorient quelques formes d'énergie et découvrent la nécessité de traiter les ressources sur un exemple, celui du pétrole.

Doc.1 Les formes d'énergie

Réponse aux questions

1. Interpréter

Commentaire. Les diverses formes d'énergie sont listées afin que l'élève : attribue au barrage l'énergie potentielle de pesanteur et non pas l'énergie électrique ; distingue l'énergie chimique (combustion dans la lampe à pétrole) et l'énergie nucléaire mise en jeu dans les étoiles.

L'énergie chimique correspond à la photographie de la lampe à pétrole.

L'énergie potentielle de pesanteur correspond à la photographie du barrage de haute chute.

L'énergie électrique correspond à la photographie de l'arc électrique.

L'énergie nucléaire correspond à la photographie du Soleil.

L'énergie cinétique correspond à la photographie du vent dans les arbres.

Doc. 2 Une raffinerie de pétrole

Commentaire. Il peut être intéressant de faire savoir aux élèves que la distillation fractionnée ne permet pas toujours d'obtenir des composés purs et que les opérations de craquage et reformage permettent d'obtenir des espèces utilisées dans l'industrie chimique.

Réponses aux questions

2. Savoir

La température d'ébullition est la température à laquelle un liquide se vaporise et devient un gaz lors du processus d'ébullition.

3. Analyser

En haut d'une tour de distillation dans une raffinerie, on recueille les produits gazeux à température ambiante et pression atmosphérique : le méthane, l'éthane, le propane et le butane.

4. Rechercher

Dans une raffinerie, on procède au reformage pour modifier la structure de la chaîne carbonée des hydrocarbures et au craquage pour casser les molécules des produits pétroliers lourds.

Doc. 3 La distillation fractionnée

Réponses aux questions

5. Schématiser

Voir le schéma page 221 du manuel.

6. Interpréter

Les masses de distillat obtenues sont théoriquement : $m_1 = 15,5$ g et $m_2 = 19,75$ g.

On peut vérifier que l'on retrouve les masses volumiques par une mesure de la masse de 10 mL de chacun des distillats.

BILAN Rédiger

Une distillation fractionnée a pour but la séparation des divers constituants d'un mélange ; pour la réaliser, il faut chauffer dans une colonne à distiller ; les vapeurs formées s'enrichissent en composé le plus volatil au fur et à mesure de leur montée dans la colonne.

4. Classer les ressources énergétiques

Doc 1. Renouvelables ou non renouvelables ?

Commentaire. Les élèves répertorient les différentes formes d'énergie et classent les ressources énergétiques en ressources renouvelables ou non. Ils portent leur réflexion sur la notion de durée caractéristique.

Réponses aux questions

1. Raisonner

Les centrales électriques proposées exploitent des ressources énergétiques non renouvelables. En effet, le charbon est un combustible fossile : des millions d'années ont été nécessaires pour sa formation.

L'uranium, utilisé dans une centrale nucléaire, est un élément datant de la formation de la Terre.

Les éoliennes et les panneaux solaires exploitent des ressources énergétiques renouvelables.

2. Rechercher

Le fioul et le gaz naturel sont d'autres ressources énergétiques non renouvelables ; ils servent de combustibles dans les centrales thermiques à flamme.

Les hydroliennes, fonctionnant avec les courants marins, et les turbines d'une centrale hydraulique de barrage exploitent des ressources énergétiques renouvelables.

Doc. 2 Le Soleil, source de rayonnement

Réponse aux questions

3. Mettre en relation

Le charbon et les autres combustibles fossiles (pétrole et gaz) sont issus de la matière organique des organismes qui vivaient il y a des millions d'années.

L'eau retenue derrière les barrages vient des nuages, via la rivière qui l'alimente. C'est le Soleil qui a permis l'évaporation de l'eau et la formation des nuages (revoir le cycle de l'eau).

Le Soleil provoque des différences de pression entre les masses d'air de l'atmosphère ; le vent souffle des zones anticycloniques (hautes pressions) vers les dépressions.

Doc. 3 Durée caractéristique du pétrole brut

Commentaire. Avec cette activité, les élèves doivent comprendre pourquoi les chiffres annoncés pour les réserves de pétrole divergent et doivent pouvoir donner un ordre de grandeur des durées caractéristiques.

Réponses aux questions

4. Savoir

La durée de formation du pétrole est de quelques millions d'années.

5. Exploiter

La durée d'exploitation du pétrole brut par l'humanité aura été d'environ deux siècles.

6. Interpréter

La durée de formation du pétrole brut est très supérieure à la durée estimée d'exploitation des ressources. On peut donc dire que le pétrole brut est une ressource d'énergie non renouvelable.

Doc. 4 Durée caractéristique du bioéthanol

Commentaire. On vérifie que le bioéthanol est une ressource renouvelable mais que son obtention nécessite l'apport d'énergie.

Réponses aux questions

7. Observer

La durée de formation du bioéthanol est au maximum de quelques années ; elle est donc à l'échelle de la vie humaine.

8. Interpréter

La transformation du maïs en éthanol est une succession de transformations chimiques qui nécessitent de l'énergie.

BILAN Rédiger

Les ressources énergétiques renouvelables ont des durées d'exploitation plus grandes ou au moins égales à leur durée de reconstitution. On peut citer le vent, l'eau stockée en altitude et aussi le cas particulier du Soleil.

Les ressources énergétiques non renouvelables ont des durées d'exploitation plus petites que leur durée de reconstitution. On peut citer le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

5. Problématiques d'utilisation

Commentaire. Le but de cette activité est d'étudier les avantages et les inconvénients de chaque ressource énergétique.

Doc. 1 Exploiter les ressources énergétiques fossiles

Réponses aux questions

1. Lire

Les trois problématiques de l'exploitation des ressources énergétiques fossiles (pétrole, gaz et charbon) sont liées à l'extraction, le transport et le raffinage pour le pétrole.

2. Rechercher

Le transport du gaz naturel peut se faire par une canalisation appelée gazoduc ou par transport maritime, le bateau contenant le gaz naturel (méthane principalement) liquide, sous pression, est appelé méthanier.

3. Interpréter

L'extraction peut engendrer des pollutions car elle nécessite des procédés physico-chimiques élaborés.

Les marées noires sont des catastrophes écologiques consécutives à l'échouage ou le bris d'un bateau pétrolier ; elles peuvent aussi causées par un « dégazage » (vidange finale et nettoyage) en mer (elles sont alors de moindre ampleur mais sont bien plus fréquentes).

L'inflammabilité du gaz, notamment, provoque des risques d'incendie ou d'explosion lors du transport.

L'incendie et l'explosion sont aussi possibles dans une raffinerie (Texas en mars 2005, Sibérie en décembre 2010, Chine en janvier 2011, etc.).

Doc. 2 Exploiter les ressources énergétiques fissiles

Commentaire. Sans aborder le problème politique de la détention de l'arme nucléaire, les difficultés d'obtention d'uranium enrichi sont expliquées dans cette activité.

Réponses aux questions

4. Savoir

Les deux isotopes de l'uranium cités dans le texte ont pour symbole ${}_{92}^{235}\text{U}$ et ${}_{92}^{238}\text{U}$.



5. Savoir

La centrifugation consiste à mettre en rotation rapide un récipient contenant les diverses espèces afin de séparer les éléments les plus lourds qui sont plus facilement éjectés vers l'extérieur. Ce processus est comparable à celui d'une énormeessoreuse à salade.

6. Raisonner

La masse du noyau d'uranium 238 (${}_{92}^{238}\text{U}$) est supérieure à celle de l'uranium 235 (${}_{92}^{235}\text{U}$).

Doc. 3 La géothermie

Commentaire. Cette ressource ne peut être exploitée que dans très peu de régions du monde. Le cas particulier de l'Islande est évoqué dans la lecture de la page 223 « Exercer son esprit critique ».

Réponses aux questions

7. Raisonner

Des centrales électriques géothermiques ne peuvent pas être installées partout dans le monde, car elles nécessitent la présence d'eau chaude (ou de roches très chaudes : voir l'exercice 9 « Sciences et histoire », page 226).

8. Analyser

Sachant que les besoins énergétiques de la Guadeloupe correspondent à une puissance totale de $P = 235$ MW, le nombre N de centrales de ce type pour couvrir ces besoins est :

$$N = \frac{235}{4,7} = 50 \text{ centrales.}$$

Une autre source d'énergie est donc nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques de la Guadeloupe.

Doc. 4 Les éoliennes

Commentaire. Les progrès technologiques ont permis de rendre opérationnels les aérogénérateurs pour des vitesses de vent très variées. L'amélioration des rendements de conversion a permis d'atteindre des puissances dépassant les 3 MW par turbine.

Les éoliennes de faible puissance sont des chargeurs de batteries. Elles sont destinées au marché des particuliers et à l'alimentation des sites isolés. De faibles dimensions, elles fonctionnent normalement dans les tempêtes et les conditions extrêmes (vents de 300 km/h, température de -80 °C, milieu salin corrosif).

Les travaux du Danois Paul La Cour (1846-1908) permirent la construction des premiers aérogénérateurs ; ils étaient utilisés pour fabriquer du dioxygène et du dihydrogène par électrolyse d'une solution aqueuse de soude. Les gaz étaient acheminés par canalisation vers les lieux d'utilisation où ils servaient le plus souvent à l'éclairage ; actuellement, ces gaz pourraient servir à alimenter des piles à combustible.

Réponses aux questions

9. Observer

Les régions d'Europe les plus propices au développement de l'énergie éolienne sont celles de la façade maritime de l'Europe du Nord (Atlantique, Manche, Mer du Nord, etc.) et, en France, la région PACA.

Commentaire. La Bretagne et la région PACA sont les deux régions françaises qui, du point de vue de l'alimentation électrique, sont des « presque-îles ». L'installation d'éoliennes dans ces deux régions bien ventées pourrait être envisagée. (Voir activité 2, page 228 du chapitre 13.)

10. Lire

Avantage : la ressource énergétique des éoliennes est renouvelable ; il n'y a pas d'émission de gaz à effet de serre.

Inconvénients : les détracteurs des éoliennes dans les pays industrialisés avancent souvent le fait qu'elles polluent le paysage, sont bruyantes et que leur production ne suffit pas à couvrir les besoins énergétiques parce que leur utilisation est variable dans le temps.

11. Rechercher

Les avantages présentés par l'installation d'éoliennes en mer (*offshore*) sont l'absence de nuisances sonores pour les riverains, un moindre problème d'esthétique et la présence plus fréquente de vent.

Les inconvénients de ces éoliennes *offshore* sont liés à leur maintenance.

D'autre part, les éleveurs de coquilles saint-jacques craignent de ne plus pouvoir utiliser leurs dragueurs. Même si les pêcheurs sont autorisés à s'approcher jusqu'à 50 mètres des pylônes, les professionnels de la mer craignent un lourd impact sur leur activité.

BILAN Rédiger

Sur l'exemple des ressources énergétiques fissiles :

L'exploitation des ressources fissiles ne peut se faire que par quelques pays qui disposent de la technologie nécessaire. De plus, l'utilisation de cette ressource présente des risques liés à la contamination et à l'irradiation. En revanche, elle présente l'avantage de ne produire aucun gaz à effet de serre.

Corrigés des exercices

4. Étude de quelques centrales électriques

Centrale	Ressource	Énergie convertie	R ou NR
Centrale hydraulique de l'Aigle (Cantal)	Eau	Énergie potentielle de pesanteur	R
Centrale thermique de Porcheville (Yvelines)	Charbon	Énergie chimique	NR
Centrale nucléaire de Flamanville (Manche)	Uranium	Énergie nucléaire	NR
Parc hydrolien de Paimpol — Bréhat (Côtes d'Armor)	Eau	Énergie cinétique	R
Éoliennes au Chemin d'Ablis (Beauce)	Air	Énergie cinétique	R
Usine marémotrice de La Rance (Ile et Vilaine)	Eau	Énergie cinétique	R
Centrale du Gol (île de la Réunion)	Bagasse (biomasse)	Énergie chimique	R
Centrale solaire de Narbonne (Aude)	Soleil	Rayonnement	R

5. Durée caractéristique

1. La durée nécessaire au remplissage de la réserve d'eau est :

$$t_1 = \frac{950 \times 10^6}{35} = 27,1 \times 10^6 \text{ s} = 7\,540 \text{ h,}$$

ou aussi $t = 314$ jours, soit 10 mois et demi.

2. La durée de fonctionnement en cas d'assèchement est :

$$t_2 = \frac{950 \times 10^6}{250} = 3,8 \times 10^6 \text{ s} = 1\,056 \text{ h,}$$

ou aussi $t = 44$ jours soit 1 mois et demi.

3. Le cycle de l'eau permet de renouveler l'eau contenue dans la retenue du barrage.

6. Production d'énergie en Europe

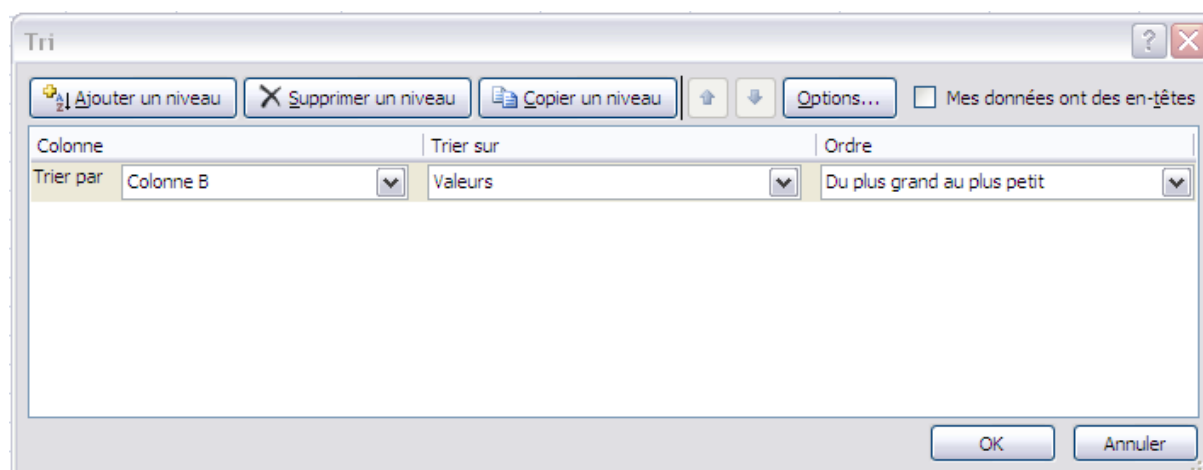
1. a. Dans la feuille 1, les pays européens sont classés par ordre décroissant de production d'énergie renouvelable en 2008.

	2 008	2 004	2 000	1 997	Population (en millions)
UE à 27	148 134	115 806	97 953	91 644	455
Allemagne	29 743	15 762	9 628	7 712	83
France	19 825	17 054	16 810	16 896	65
Suède	16 051	13 545	15 040	13 774	9
Italie	13 491	11 875	8 548	8 412	58
Espagne	10 717	8 972	7 016	6 737	40
Pologne	5 457	4 325	3 809	3 873	39
Royaume-Uni	4 733	3 146	2 600	2 075	60
Danemark	3 159	2 835	2 065	1 752	5,4

b. Sélectionnez les lignes 5 à 12, puis cliquez sur Trier



Paramétrez comme ci-dessous :



Résultat :

	2 008	2 004	2 000	1 997	Population (en millions)
UE à 27	842 712	921 355	931 884	964 002	455,00
Royaume-Uni	164 499	223 166	269 078	264 404	60,00
France	135 027	135 274	129 528	127 106	65,00
Allemagne	132 488	135 466	132 012	138 484	83,00
Pologne	70 445	77 952	78 433	99 083	39,00
Suède	32 781	33 799	29 983	30 205	9,00
Espagne	30 266	32 399	31 179	30 656	40,00
Danemark	26 527	31 018	27 652	20 203	5,40
Italie	26 477	28 073	26 809	30 285	58,00



c. En comparant ces deux classements, on constate qu'ils sont différents. La part d'énergie renouvelable est très différente selon le pays de l'UE, montrant ainsi des différences culturelles liées à l'histoire et aux choix politiques de chaque état souverain.

2. Attention : avant de calculer les pourcentages, il est conseillé de reporter les données de la feuille 2 car les pays ne sont pas rangés dans le même ordre dans les deux feuilles.

a. On obtient :

	2 008	2 004	2 000	1 997	Population (en millions)	Energie totale en 2008	Pourcentage d'énergie renouvelable en 2008
UE à 27	148 134	115 806	97 953	91 644	455	842 712	17,6%
Allemagne	29 743	15 762	9 628	7 712	83	132 488	22,4%
France	19 825	17 054	16 810	16 896	65	135 027	14,7%
Suède	16 051	13 545	15 040	13 774	9	32 781	49,0%
Italie	13 491	11 875	8 548	8 412	58	26 477	51,0%
Espagne	10 717	8 972	7 016	6 737	40	30 266	35,4%
Pologne	5 457	4 325	3 809	3 873	39	70 445	7,7%
Royaume-Uni	4 733	3 146	2 600	2 075	60	164 499	2,9%
Danemark	3 159	2 835	2 065	1 752	5,4	26 527	11,9%

b. Après le tri :

	2 008	2 004	2 000	1 997	Population (en millions)	Energie totale en 2008	Pourcentage d'énergie renouvelable en 2008
UE à 27	148 134	115 806	97 953	91 644	455	842 712	17,6%
Italie	13 491	11 875	8 548	8 412	58	26 477	51,0%
Suède	16 051	13 545	15 040	13 774	9	32 781	49,0%
Espagne	10 717	8 972	7 016	6 737	40	30 266	35,4%
Allemagne	29 743	15 762	9 628	7 712	83	132 488	22,4%
France	19 825	17 054	16 810	16 896	65	135 027	14,7%
Danemark	3 159	2 835	2 065	1 752	5,4	26 527	11,9%
Pologne	5 457	4 325	3 809	3 873	39	70 445	7,7%
Royaume-Uni	4 733	3 146	2 600	2 075	60	164 499	2,9%

On constate que les pays pour lesquels le pourcentage d'énergie renouvelable est le plus important sont l'Italie et la Suède.

3.a. On obtient :

	2 008	2 004	2 000	1 997	Population (en millions)	Energie totale en 2008	Pourcentage d'énergie renouvelable en 2008	Production d'énergie renouvelable par habitant
UE à 27	148 134	115 806	97 953	91 644	455	842 712	17,6%	326
Italie	13 491	11 875	8 548	8 412	58	26 477	51,0%	233
Suède	16 051	13 545	15 040	13 774	9	32 781	49,0%	1 783
Espagne	10 717	8 972	7 016	6 737	40	30 266	35,4%	268
Allemagne	29 743	15 762	9 628	7 712	83	132 488	22,4%	358
France	19 825	17 054	16 810	16 896	65	135 027	14,7%	305
Danemark	3 159	2 835	2 065	1 752	5,4	26 527	11,9%	585
Pologne	5 457	4 325	3 809	3 873	39	70 445	7,7%	140
Royaume-Uni	4 733	3 146	2 600	2 075	60	164 499	2,9%	79

Les deux pays où la production d'énergie renouvelable par habitant est la plus forte sont la Suède et le Danemark.

b. L'énergie renouvelable la plus produite au Danemark est l'énergie éolienne.

En Suède, c'est l'éolien et l'hydraulique qui sont prépondérants.

7. La méthanisation

1. Le biogaz est principalement constitué de méthane.
2. Les fermes produisent continuellement des déchets organiques, c'est pourquoi le biogaz est produit quotidiennement et constitue une ressource énergétique renouvelable.

Sciences in English

8. Consommation mondiale d'énergie

1. La consommation mondiale d'énergie a augmenté sous l'effet conjugué de la croissance démographique, de l'élévation générale du confort domestique, de la mobilité des populations et du dynamisme économique du Sud.
2. L'accès à l'électricité peut entraîner le développement humain d'un pays : l'éclairage aide à la scolarisation, les pompes électriques donnent l'eau courante, etc.
3. Le graphique illustre la part prépondérante des énergies fossiles puisque seule la petite partie verte ne correspond pas à ce type d'énergie.

Sciences et Histoire

9. La géothermie, d'hier à aujourd'hui

1. **a.** Les utilisations de la géothermie citées dans le texte sont le chauffage urbain et la production d'électricité.
b. L'exploitation de la géothermie ne nécessite plus obligatoirement la présence d'eau chaude : on peut faire circuler de l'eau dans des roches fracturées naturellement et très chaudes.
2. **a.** La première centrale expérimentale du Prince Ginori Conti aurait permis d'allumer :

$$\frac{20\,000}{8} = 2\,500 \text{ ampoules basse consommation.}$$

- b.** L'énergie renouvelable produite est :

$$\mathcal{E} = 23\,000 \text{ tep} = 23\,000 \times 11\,600 \text{ kWh} = 2,668 \cdot 10^8 \text{ kWh.}$$

- c.** 1 an = 365 × 24 h = 8 760 h, donc la puissance P correspondant à cette énergie sur une année est :

$$P = \frac{\mathcal{E}}{t} = 30\,000 \text{ kW} = 30 \text{ MW.}$$

Chapitre 13.

Énergie : conversion, transport, stockage

Manuel pages 227 à 244

Choix pédagogiques

Pour être utilisée par chacun, l'énergie doit être transportée. L'énergie électrique est le principal mode de transport de l'énergie, mais elle ne peut pas être stockée en tant que telle. Elle peut être « mise en réserve » par exemple sous forme d'énergie chimique.

Nous avons fait le choix de montrer que les centrales « à combustible fossile » ou à « combustible nucléaire » ont des points communs importants en les nommant « centrales thermiques ». Chacune a ses avantages et ses inconvénients.

Ce chapitre doit permettre à l'élève d'exercer son esprit critique afin qu'il soit à même de faire ses choix et de comprendre les grandes orientations politiques en matière énergétique.



Liens vers des sites intéressants

Évolution de la terminologie :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Transfert_thermique

Centrales électriques (EDF)

<http://energie.edf.com/en-direct-de-nos-centrales-45641.html>

Centrales hydroélectriques

<http://www.jexpo.com/381-i1-fonctionnement-barrages-hydroelectriques>

Réactions nucléaires dans les étoiles

<http://www.astronomes.com/le-soleil-et-les-etoiles/reaction-nucleaire/>

Réactions nucléaires (CEA)

http://www.cea.fr/jeunes/themes/l_energie_nucleaire/le_fonctionnement_d_un_reacteur_nucleaire

Effet de serre

http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/effet-de-serre_966/

Économies d'énergie (ministère du développement durable)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Economies-d-energie,154-.html>

Corrigés des doubles pages d'activités

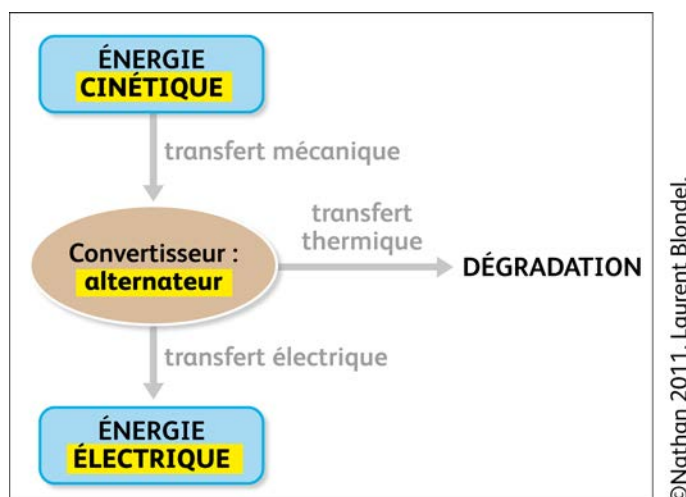
1. Conversion, transport et stockage de l'énergie

Doc. 1 La conversion d'énergie

Commentaire. Il n'existe pas de notation normalisée pour les chaînes de conversion d'énergie. Nous avons fait le choix de noter dans des cadres rectangulaires les types d'énergie, dans des cadres ovales les convertisseurs, et de noter les transferts d'énergie sur des flèches. Nous avons évité autant que faire se peut d'utiliser l'expression « énergie thermique » qui est très ambiguë, pour n'utiliser que le terme de « transfert thermique ». Enfin, afin de bien insister sur le fait que l'énergie se conserve, nous avons évité, autant que possible, d'utiliser les termes de « perte », « consommation » ou « production » d'énergie. Leur utilisation dans le langage courant ne nous a pas permis de toujours les éviter.

Réponses aux questions

1. Analyser



Doc. 2 Transport de l'électricité

Réponses aux questions

2. Observer

Les centrales nucléaires sont localisées près des fleuves, mers et océans ; les centrales hydrauliques dans les régions montagneuses.

La densité varie d'une région à l'autre car toutes ne disposent pas de mers, de fleuve ou de relief.

Doc. 3 Les lacs et les barrages : un exemple de stockage d'énergie

Réponses aux questions

3. Lire

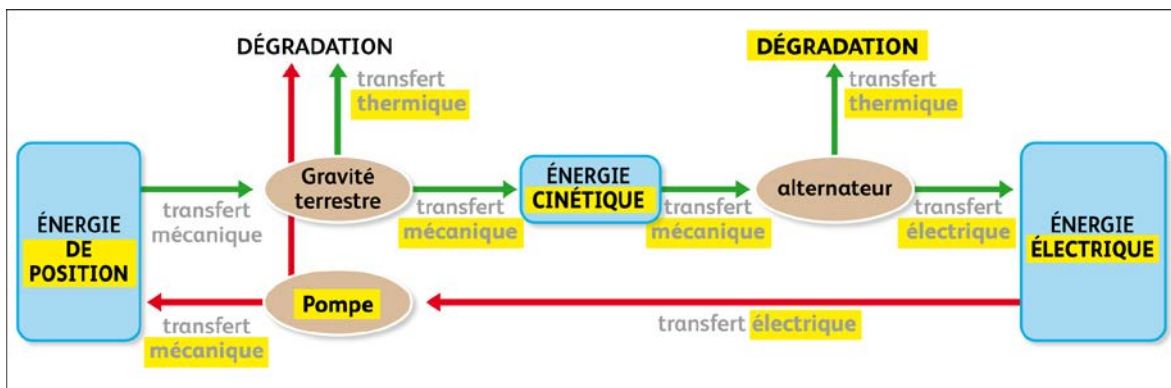
Il y a production d'énergie électrique par la centrale de Grand-Maison lors du turbinage.

4. Interpréter

L'énergie est stockée pour pouvoir être restituée en période de forte demande.

Dans la centrale de Grand-Maison, l'énergie est stockée sous forme d'énergie potentielle de pesanteur (le terme employé au collège étant d'« énergie de position »).

5. Analyser



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

BILAN Rédiger

L'énergie électrique a un gros avantage : son transport est aisé avec peu de dégradation. En revanche, elle présente l'inconvénient majeur de n'être pas stockable.

2. Piles et accumulateur

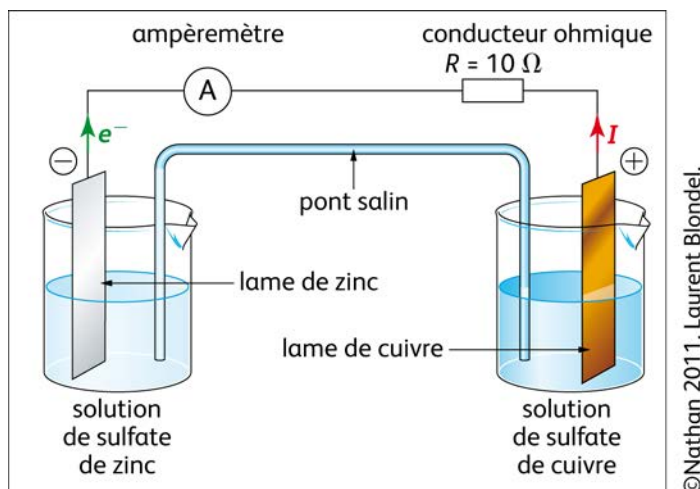
Commentaire. L'objectif n'est pas ici de construire le modèle des réactions d'oxydoréduction, mais de montrer que l'énergie chimique peut être transformée en énergie électrique. Toutefois, l'élève est amené à mettre en relation le transfert d'électron (énergie électrique) avec la transformation d'espèces chimiques (énergie chimique).

Doc. 1 La pile Daniell

Commentaire. La pile Daniell a l'avantage de pouvoir être aisément réalisée au laboratoire. Le pont salin peut être réalisé par du papier imbibé d'une solution ionique de nitrate de potassium assez concentrée. L'introduction de cette pile permet de montrer qu'on peut convertir de l'énergie chimique en énergie électrique.

Réponses aux questions

1. Schématiser



2. Comprendre

La particule chargée négativement transférée de l'atome de zinc à l'ion cuivre Cu^{2+} grâce aux fils électrique est l'électron.

3. Comprendre

Le rôle du pont salin est de fermer le circuit électrique.

4. Interpréter

Dans la pile, de l'énergie chimique est convertie en énergie électrique.

Le stock initial d'énergie est constitué des réactifs de cette pile (ion cuivre Cu^{2+} et zinc métallique)

Solution de sulfate de zinc	Solution de sulfate de cuivre
-----------------------------	-------------------------------

5. Analyser

L'inconvénient de cette pile est qu'elle est encombrante. De plus, les réactifs sont en solution : elle ne peut donc pas être transportée aisément.

Doc. 2 La pile à combustible

Commentaire. Une pile à combustible est alimentée en continu par les réactifs. L'exemple le plus important est celui de la pile dihydrogène-dioxygène.

Réponses aux questions

6. Analyser

La pile à combustible ne produit que de l'eau (et non pas des produits polluants).

7. Rechercher

L'électrolyte et les électrodes contiennent des espèces néfastes pour l'environnement.

8. Analyser

Comprimer le dihydrogène à 700 bar permet d'en stocker une plus grande quantité.

Doc. 3 Histoire de l'accumulateur

Commentaire. Un accumulateur est une pile particulière dont la réaction chimique de fonctionnement peut-être inversée par le passage d'un courant électrique forcé grâce à un générateur.

Réponses aux questions

9. Lire

Les principales étapes de la naissance de l'accumulateur actuel sont :

1. Gaston Planté invente l'accumulateur au plomb (1859).
2. Camille Faure améliore cet accumulateur (1880).
3. Fabrication de batteries d'accumulateurs (fin du XIX^e siècle)
4. Remplacement du plomb par le nickel ou le lithium et miniaturisation (années 1990).

10. Comprendre

L'intérêt majeur d'un accumulateur est d'être rechargeable. (Lors de cette étape, les réactifs sont reconstitués.)

11. Comprendre

Dans un accumulateur et dans une pile, l'énergie est stockée sous forme chimique.

12. Analyser

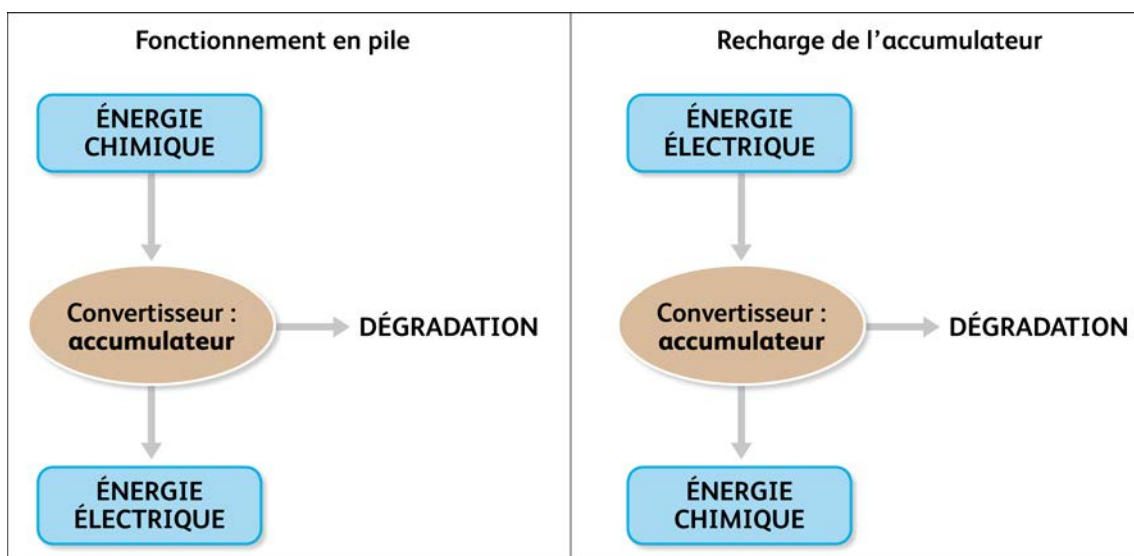
Lors de la recharge d'un accumulateur, de l'énergie électrique est convertie en énergie chimique.

13. Rechercher

Il ne faut pas jeter un accumulateur dans la nature. Il faut l'apporter dans une déchetterie ou le rapporter au commerçant qui a vendu l'appareil qui le contenait.

BILAN Rédiger

Lors du fonctionnement en pile, un accumulateur transforme de l'énergie chimique en énergie électrique. Lors de sa recharge, il transforme de l'énergie électrique en énergie chimique.



3. Les centrales thermiques à combustible fossile

Commentaire. Le combustible fossile est de loin la ressource énergétique la plus utilisée dans le monde. Cette double page illustre le principe de fonctionnement d'une centrale thermique et rappelle que la combustion d'un combustible fossile s'accompagne de la formation de dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre.

Doc. 1 La centrale électrique thermique à flamme

Commentaire. L'analyse d'une centrale thermique permet d'illustrer de nouveau la notion de conversion d'énergie.

Réponses aux questions

1. Savoir

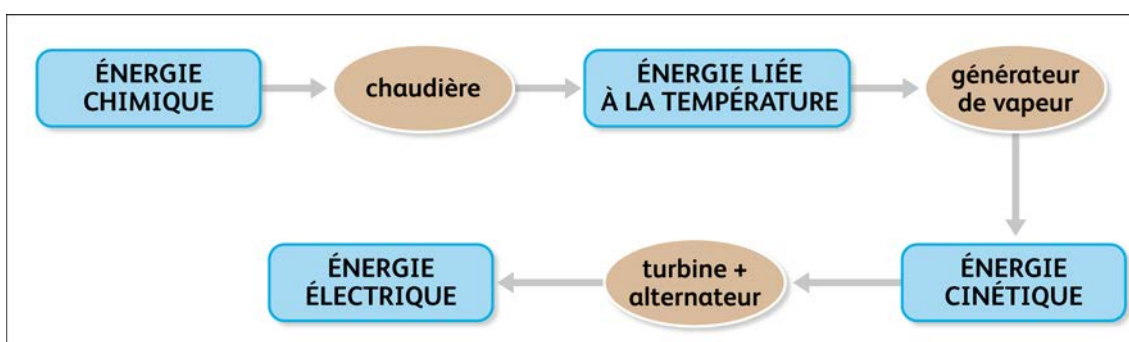
Le rôle principal d'une centrale électrique thermique est de convertir de l'énergie chimique (ou nucléaire) en énergie électrique.

2. Analyser le schéma

- La vapeur d'eau fait tourner la turbine.
 - L'alternateur transforme l'énergie cinétique en énergie électrique.
 - La turbine permet de faire tourner l'alternateur.
 - Schéma de la chaîne énergétique mise en jeu dans cette centrale électrique thermique.
- e. Dans le condenseur, l'eau passe de l'état gazeux à l'état liquide.
f. L'eau froide permet de refroidir la vapeur et de la liquéfier.

3. Analyser

Les centrales sont construites en bord de mer ou de rivière afin de disposer d'une source d'eau froide pour le condenseur (cette eau retourne ensuite dans la mer ou la rivière).



Doc. 2 Énergie libérée lors d'une combustion

Commentaire. Cette activité illustre le fait que le méthane est le combustible fossile qui a le meilleur rendement énergétique par rapport à la masse de matière convertie. Cette activité est en relation avec la double page suivante qui illustre le rendement énergétique d'autres centrales thermiques.

Réponses aux questions

4. Analyser

Le combustible le plus rentable énergétiquement est le méthane (l'énergie libérée par 1kg de méthane est plus importante que celle des autres combustibles proposés).

Le combustible le plus « écologique » est l'éthanol (la masse de dioxyde de carbone produite par la combustion de 1 kg d'éthanol est plus faible que celle produite avec les autres combustibles proposés).

Doc. 3 Un exemple de combustion

Commentaire. L'objectif n'est pas ici de déterminer, comme au collège, la totalité des espèces chimiques formées lors d'une combustion. Nous avons focalisé l'expérience sur la formation du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre sous le feu de l'actualité contemporaine.

Réponses aux questions

5. Observer

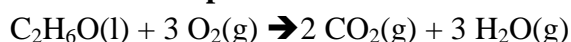
Avant la manipulation, l'eau de chaux est limpide.

Après la manipulation, elle est trouble.

6. Interpréter

L'espèce chimique mise en évidence par l'eau de chaux est le dioxyde de carbone.

7. Interpréter



BILAN Rédiger.

Dans la chaudière, il y a conversion d'énergie chimique en énergie liée à la température.

Au niveau de l'alternateur, on a conversion d'énergie cinétique en énergie électrique.

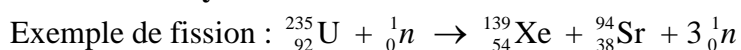
4. Les centrales thermiques à combustible nucléaire

Commentaire. Cette double page présente les deux grandes catégories de réactions nucléaires. La notion de réaction en chaîne n'est pas abordée car elle n'est pas évoquée dans le programme officiel. La notion d'équation de réaction nucléaire est présentée, avec ses règles de conservation, différentes des règles de conservation de l'équation de la réaction chimique. La centrale électrique thermique nucléaire est présentée de manière à montrer ses points communs avec la centrale thermique à flamme ainsi que ses différences.

Doc. 1 Qu'est ce qu'une réaction nucléaire ?

Réponses aux questions

1. Analyser



$135 + 1 = 139 + 94 + 3 \times 1$: le nombre de nucléons est bien conservé.

$92 + 0 = 54 + 38 + 3 \times 0$: la charge électrique est bien conservée.

Exemple de fusion : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0n$

$2 + 3 = 4 + 1$: le nombre de nucléons est bien conservé.

$1 + 1 = 2 + 0$: la charge électrique est bien conservée.

2. Rechercher

Le projet ITER sera construit sur le site de Cadarache (Bouche du Rhône).

Les pays finançant ce projet sont la Russie, la Corée du sud, la Chine, les États-Unis, le Japon, l'Inde et les pays de l'Union Européenne.

Doc. 2 Qu'est ce qui fait briller le Soleil ?

Réponses aux questions

3. Lire

L'énergie libérée par le Soleil a pour origine des réactions de fusions nucléaires.

4. Interpréter

Les atomes dont nous sommes constitués ont été formés dans des étoiles. Ils se sont répandus dans l'univers lors de l'explosion de ces étoiles.

Doc. 3 La centrale électrique thermique nucléaire

Réponses aux questions

5. Analyser

Points communs : l'énergie électrique est produite par un alternateur. Celui-ci est mis en rotation par une turbine alimentée par un jet de vapeur.

Différences : l'énergie thermique nécessaire à la production de vapeur provient :

- de la combustion d'un combustible fossile dans une centrale thermique à flamme ;
- de fissions nucléaires dans une centrale thermique nucléaire.

6. Analyser

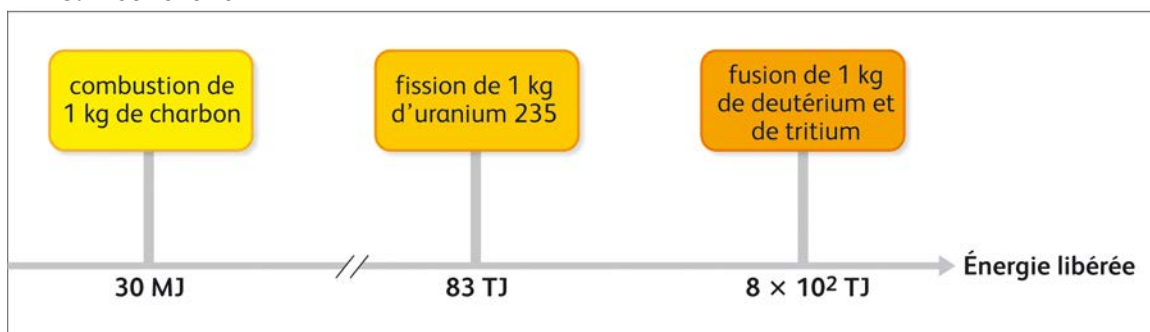
L'eau du circuit primaire est en contact avec la matière fissile.

Le circuit secondaire doit donc être indépendant du circuit primaire afin d'éviter de rejeter des matières radioactives.

7. Interpréter

Le « nuage » sortant des tours de refroidissement d'une centrale nucléaire est constitué d'eau.

8. Rechercher



BILAN Rédiger

Dans le réacteur, il y a conversion d'énergie nucléaire en énergie liée à la température.
Au niveau de l'alternateur, on a conversion d'énergie cinétique en énergie électrique.

5. Impact de l'exploitation des ressources énergétiques

Commentaire. L'utilisation des ressources énergétiques –renouvelables ou non renouvelables– n'est pas sans conséquence sur notre environnement. Il s'agit ici de proposer aux élèves des pistes de réflexion afin qu'ils se fassent une opinion sur les choix que les politiques proposeront à la société dans les années futures.

Doc. 1 La gestion des déchets nucléaires

Réponses aux questions

1. Analyser

L'activité initiale de l'échantillon de radium est 200×10^9 Bq.

2. Analyser

La demi-vie de l'élément radium est de 1 650 années.

3. Rechercher

L'enfouissement des déchets à longue durée de vie en couches profondes permet de les confiner durablement.

Doc. 2 Exploiter des ressources renouvelables

Commentaire. Il s'agit ici de montrer que l'exploitation des ressources renouvelables n'est pas exempt de tout inconvénient.

Réponses aux questions

4. Calculer

$$\frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_f} = \frac{100 \times 25}{250} = 10.$$

5. Rechercher

Pour le bioéthanol, ce rapport vaut environ 2.

Doc. 3 L'effet de serre

Commentaire. L'effet de serre est un phénomène naturel, qui a été brièvement présenté aux élèves dans les classes antérieures. Son existence permet à la Terre de maintenir son atmosphère à une température compatible avec la vie telle que nous la connaissons. La communauté scientifique admet aujourd'hui que la production anthropique de gaz à effet de serre amplifie ce phénomène naturel.

Réponses aux questions

6. Lire

Le dioxyde de carbone, le méthane et la vapeur d'eau sont des gaz à effet de serre.

7. Interpréter

Lors de la production d'électricité dans une centrale thermique à flamme, il y a libération de dioxyde de carbone.

8. Rechercher

Sommet de Johannesburg (2002).

BILAN Rédiger

Afin de pouvoir discuter à bon escient des avantages et des inconvénients de l'exploitation d'une ressource, on doit prendre en compte d'une part de l'énergie produite à partir de cette ressource, et d'autre part, l'énergie nécessaire à l'exploitation de cette ressource (processus de production, installation, recyclage).

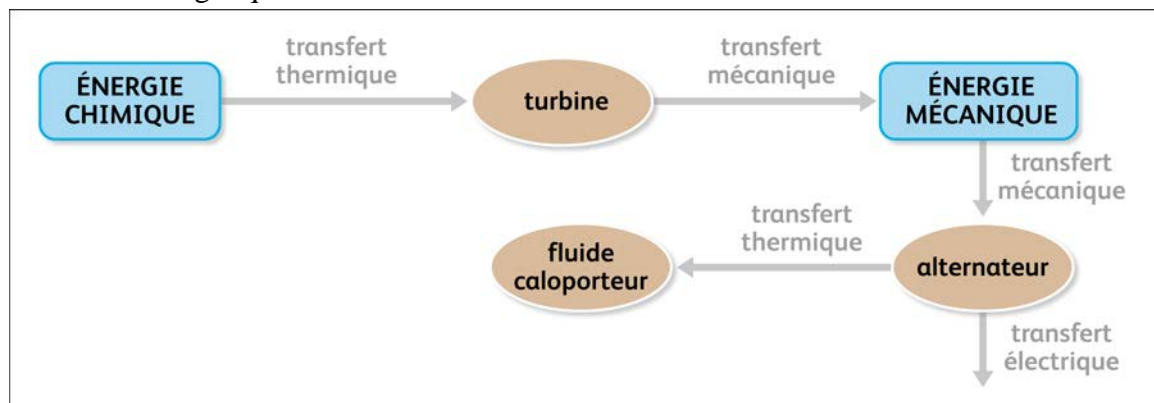
Corrigés des exercices

4. L'électricité comme mode de transfert d'énergie

1. Le courant électrique est un mode rapide de transfert d'énergie.
2. Non, il est impossible de stocker de « l'énergie électrique ».

5. La cogénération

1. La calorie est une unité d'énergie.
Ici, on devrait plutôt utiliser l'expression énergie liée à la température.
2. Un fluide « caloporteur » « transporte » de l'énergie liée à la température.
3. On devrait écrire « transformée en énergie électrique ».
4. Chaîne énergétique :



©Nathan 2011. Laurent Blondel.

3. Les plantes à l'origine du biocarburant consomment du dioxyde de carbone au cours de leur vie.
4. Le remplacement total du pétrole par des biocarburants nécessiterait plus de terres cultivables qu'il n'en existe.
5. La culture des végétaux à l'origine du biocarburant a nécessité de l'eau.

7. Rendement de conversion

1. Les trois types de radiations sont les ultraviolets, les infrarouges et les radiations visibles.
2. Énergie reçue par un panneau de 1 m² pendant 3 heures :

$$\mathcal{E} = P \times \Delta t = 1 \times 3 = 3 \text{ kWh.}$$

L'énergie reçue par un panneau de 2 m² pendant 3 heures est donc de 6 kWh.

3. Rendement des cellules solaires actuelles : de 7 à 16 % environ.

8. Contamination à l'iode radioactif

1. D'après le graphique, l'activité de l'échantillon à la date $t = 0$ jour est de 200×10^9 Bq.
2. À la date t_1 , elle vaut 100×10^9 Bq.
3. L'activité b vaut 50×10^9 Bq.
4. L'iode 127 s'accumule dans la thyroïde jusqu'à saturation empêchant l'iode 131 (radioactif) de s'y accumuler
5. La demi-vie de l'iode 131 est de 8 jours (en 8 jours, le nombre de noyaux d'iode 131 est divisé par 2). Après quelques semaines, le nombre de noyaux d'iode 131 est très faible.

Sciences et avenir

9. L'énergie du XXII^e siècle ?

1. Il est difficile de stocker de l'antimatière car particules (constituant un éventuel récipient) et antiparticules s'annihilent (se détruisent) lorsqu'elles se rencontrent.
2. Énergie libérée par 1 kg d'antimatière :
 - 1 g d'antimatière libère une énergie égale à 240 TJ ;
 - 1 kg = 1×10^3 g libère donc une énergie égale à 240×10^3 TJ.
3. 1 kg de deutérium et de tritium libère une énergie égale à 800 TJ.

Une masse m_1 (en kg) de deutérium et de tritium libère une énergie égale à $2,40 \times 10^5$ TJ.

Donc :

$$m_1 = \frac{1 \times 2,40 \times 10^5}{800} = 300 \text{ kg.}$$

Avec un raisonnement similaire, on obtient :

$$m_2 = 2,9 \times 10^3 \text{ kg (soit 2,9 tonnes) ;}$$

$$m_3 = 8,0 \times 10^3 \text{ kg (soit 8,0 tonnes).}$$