LSSE3. De la conversion biologique de l'énergie solaire par la photosynthèse à l'énergie nécessaire à tous les êtres vivants.

Sommaire

Travail 1. La photosynthèse : l'entrée d'énergie solaire dans la biosphère et la synthèse de matière organique. Documents 1 à 6. 1

Travail 2. La photosynthèse : productivité primaire, bilans énergétiques et utilisation des molécules organiques. Documents 7 à 14. 4

Travail 3. Équilibre alimentaire et santé. Documents 15 à 20. 7

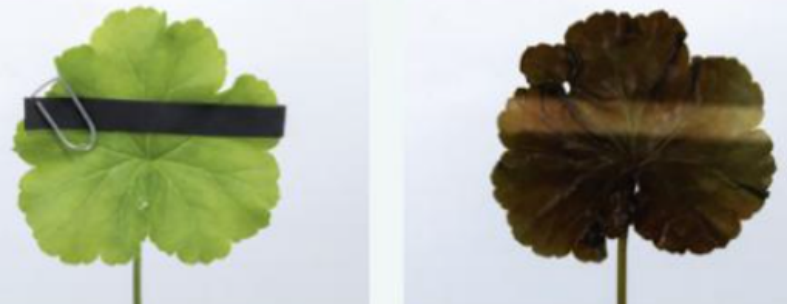
Travail 1. La photosynthèse : l'entrée d'énergie solaire dans la biosphère et la synthèse de matière organique. Documents 1 à 6.

Document 1. Les conditions de la photosynthèse.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

Une feuille de pélargonium a été mise à la **lumière** avec un cache opaque pendant quelques jours et a subi les étapes du protocole de mise en évidence de l'**amidon** par l'eau iodée (ou Lugol).

On rappelle que l'eau iodée est le réactif caractéristique de l'amidon (molécule organique appartenant aux glucides) : c'est un colorant jaune orange qui devient bleu/ violet foncé en présence d'amidon (cette couleur peut être différente sur des tissus ou organes colorés).



Piste d'exploitation

- **Exploiter** l'expérience proposée (méthode : « je vois que, je sais que, je conclus que »).

Document 2. Les conditions de la photosynthèse.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019

Une feuille d'un plant de Pélargonium est **éclairée** et placée dans une enceinte **privée de CO_2**. On traite ensuite la feuille à l'eau iodée.

Avant traitement

Après traitement

- **Exploiter** l'expérience proposée et **conclure**. La notation tient compte de la rigueur de l'exploitation (voir plus haut).
- **Réaliser** un bilan provisoire à partir des deux expériences.

Document 3. La molécule d'amidon (exemple de l'amylopectine). Logiciel Libmol.

Piste d'exploitation (logiciel à exploiter en direct)

- **Ouvrir** le site https://libmol.org
- Dans l'onglet « Fichier », **entrer** le mot clé « amylopectine » (= constituant de l'amidon). La molécule peut ensuite être pivotée, déplacée ou zoomée (je vous laisse trouver comment). **Rester** en mode « boules et bâtonnets ». Les boules représentent les atomes, et les bâtonnets les liaisons (ici simples ou doubles). Les couleurs correspondent aux différents atomes (légendés sur la fenêtre ou en passant la souris dessus).
- **Donner** la constitution de l'amidon : pour cela **retrouver** les molécules de glucose qui constituent l'amidon, et **détailler** la composition en atomes. **Expliquer** la nécessité d'un approvisionnement en CO_2 pour la synthèse d'amidon au cours de la photosynthèse.

Document 4. Quelques résultats des prélèvements de la mission Tara.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019 (modifié) et https://lejournal.cnrs.fr

Tara est une goélette qui a sillonné les mers et les océans de septembre 2009 à mars 2012. Les scientifiques à bord ont prélevé 20 000 échantillons d'eau de mer afin d'étudier le plancton marin, c'est-à-dire l'ensemble des organismes microscopiques qui s'y trouvent.

Ces données concernent une diatomée, qui est l'une des espèces du phytoplancton, c'est-à-dire de l'ensemble des organismes unicellulaires photosynthétiques du plancton. La concentration en chlorophylle est proportionnelle à l'abondance de ces organismes.

Station	Concentration en chlorophylle (mg. de Chl. m^{-3})	Concentration en phosphates (µmol. L^{-1})	Concentration en nitrates (µmol. L^{-1})
16	0,15	0,04	0,03
18	0,13	0,01	0,02
22	0,20	0,01	0,15
66	0,42	0,37	3,23
68	0,43	0,23	1,08
100	0,38	0,78	5,70
102	0,64	1,60	20,70
109	0,49	0,49	4,00
111	0,38	0,44	0,93

Note : les nitrates (NO_3^-) et phosphates (PO_4^{3-}) sont des ions minéraux.

Pistes d'exploitation (logiciel à exploiter en direct mais préparer le tableau de mesure en amont de la présentation)

- **Présenter** rapidement la mission Tara et ce qui a été prélevé et analysé (« phytoplancton » à définir).
- **Représenter** sur deux graphiques différents :
  * la concentration en chlorophylle (Y) en fonction de la concentration en phosphates (X) ;
  * la concentration en chlorophylle (Y) en fonction de la concentration en nitrates (X) ;

Veiller à ne pas intervertir X et Y.

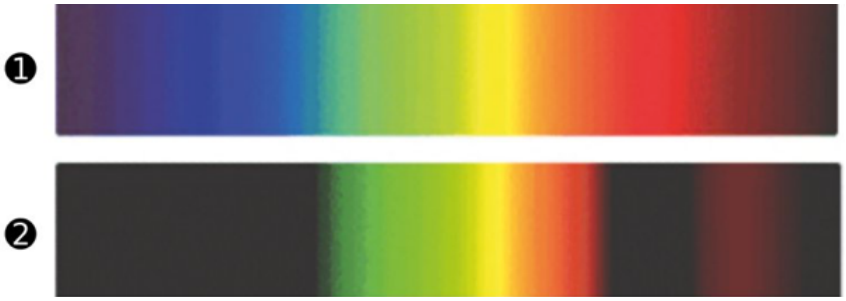
Mode de représentation : nuages de points. Faire un clic droit sur un des points pour ajouter une courbe de tendance linéaire (cette dernière vous donne la tendance globale).

Les graphiques sont à présenter à la classe. Le protocole d'élaboration des graphiques doit aussi être expliqué (sauf pour la version écrite ou les graphiques seuls sont attendus).

- **Analyser** les résultats (prendre le temps de présenter).

Document 5. Spectres lumineux de la lumière solaire.

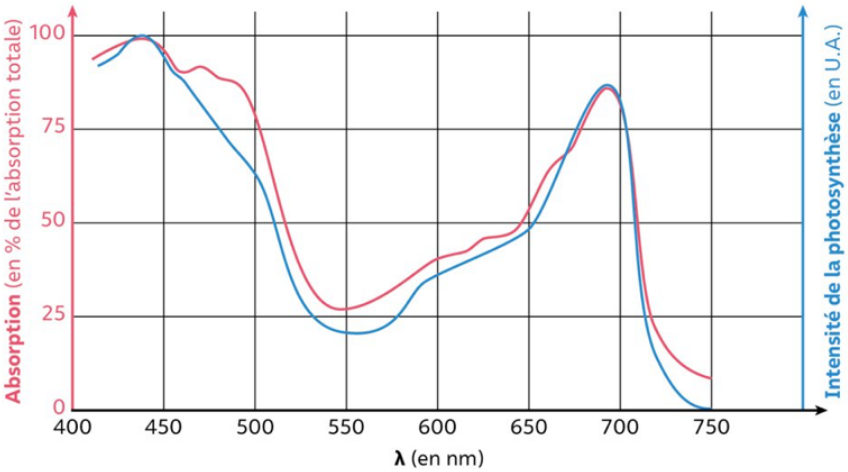
D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019



1. Dispersion des rayonnements de la lumière blanche par un prisme.
2. Effet des pigments chlorophylliens sur ces rayonnements : la lumière blanche passe à travers la chlorophylle puis à travers un prisme.

Document 6. Comparaison des représentations graphiques du spectre d'absorption et du spectre d'action.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019



Graphique à deux ordonnées permettant la comparaison du spectre d'absorption* des pigments chlorophylliens et du spectre d'action** photosynthétique.

* **Spectre d'absorption** : pourcentage de lumière absorbée par les pigments du végétal pour chaque longueur d'onde.
** **Spectre d'action** : intensité photosynthétique (généralement établie par la mesure du dégagement de dioxygène) pour différentes longueurs d'ondes.

Pistes d'exploitation

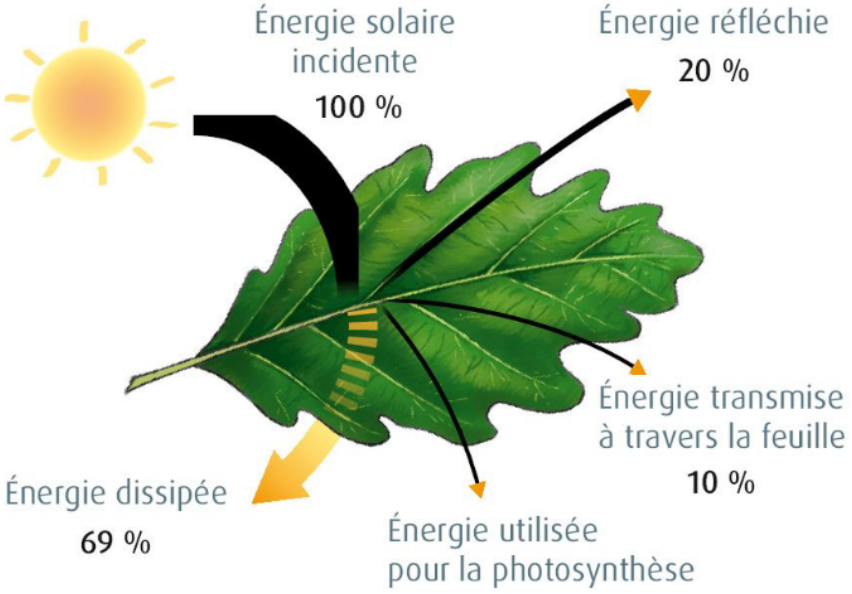
- **Comparer** les spectres de la lumière blanche traversant un prisme seul, puis à travers une solution de pigments chlorophylliens. En **déduire** qu'une partie du rayonnement solaire est absorbée pour réaliser la photosynthèse.
- **Définir** puis **comparer** les spectres d'absorption et d'action.
- **Faire** un bilan : la réaction de la photosynthèse à travers les différentes observations.

Travail 2. La photosynthèse : productivité primaire, bilans énergétiques et utilisation des molécules organiques. Documents 7 à 14.

Document 7. Le devenir de l'énergie solaire au niveau d'une feuille.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

L'énergie est dissipée sous forme de chaleur qui entraîne l'évapotranspiration de l'eau contenue dans les tissus de la feuille (ce qui évite une augmentation de la température qui serait néfaste aux cellules).



Pistes d'exploitation

- **Indiquer** le devenir de l'énergie solaire incidente au niveau de la feuille, puis **calculer** la fraction d'énergie solaire utilisée pour la photosynthèse à l'échelle de la feuille.

Document 8. La notion de productivité primaire.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019 adapté.

- On appelle **productivité primaire** la quantité de matière organique produite par les végétaux chlorophylliens. On exprime généralement la productivité primaire en masse de carbone (intégré à la matière organique végétale) par unité de surface et de temps (ex. des $g.m^{-2}.an^{-1}$).
- Dans les océans, on quantifie la productivité primaire nette en mesurant, à l'aide de capteurs embarqués dans des satellites, les variations de la concentration en chlorophylle, un indicateur de la biomasse du phytoplancton.
- Sur les continents, on quantifie la productivité primaire nette en mesurant à l'aide de capteurs embarqués dans des satellites une réflectance qui mesure un indice de végétation (nombre qui sert à exprimer un rapport de données expérimentales. Il s'écrit par conséquent sans unité).
- *Note : on distingue la productivité primaire nette de la productivité primaire brute, car les végétaux utilisent une partie de la matière produite pour leur propre fonctionnement.*

Document 11. Des cartes pour illustrer la notion de productivité primaire.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019

- **Aller** sur le site *Web* : https://neo.gsfc.nasa.gov
- Carte 1. **Choisir** « ENERGY » puis « Solar Insolation » pour la puissance solaire reçue. **Choisir** janvier 2023.*
- Carte 2. **Choisir** « OCEAN » puis « Chlorophyll Concentration » pour la photosynthèse océanique (même période temporelle).
- Carte 3. **Choisir** « LAND » puis Vegetation Index pour la photosynthèse continentale** (même période temporelle).

* La légende est indiquée sur le site : What do the colors mean ?
The colors in these maps show how much sunlight (in Watts per square meter) fell on the Earth's surface during the given time period.

***Dark green areas show where there was a lot of green leaf growth; light greens show where there was some green leaf growth; and tan areas show little or no growth. Black means "no data."*

Document 9. Un calcul de rendement.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

La Terre reçoit en moyenne 340 $W.m^{-2}$ d'énergie solaire. Les scientifiques considèrent que seulement 0,340 $W.m^{-2}$ est utilisé par les végétaux chlorophylliens pour réaliser la photosynthèse.

Pistes d'exploitation

- **Exposer** ce qu'est la productivité primaire et **indiquer** comment elle se mesure.
- **Décrire** les trois cartes et les **corréler** : lien entre la puissance solaire et la productivité primaire océanique et continentale.
- **Calculer** la fraction (en pourcentage) de l'énergie solaire totale utilisée pour la photosynthèse à l'échelle de la Terre (valeur différente de l'échelle de la feuille) et **conclure**.

Document 10. L'utilisation des molécules organiques par les êtres vivants.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Chez les êtres vivants, des molécules organiques comme l'amidon sont transformées en molécules plus petites comme le glucose. Dans les cellules des animaux, des végétaux et des champignons notamment, le glucose est ensuite dégradé, en présence de dioxygène, lors de la respiration cellulaire :

Glucose + O_2 → H_2O + CO_2 + énergie directement utilisable par la cellule + énergie thermique

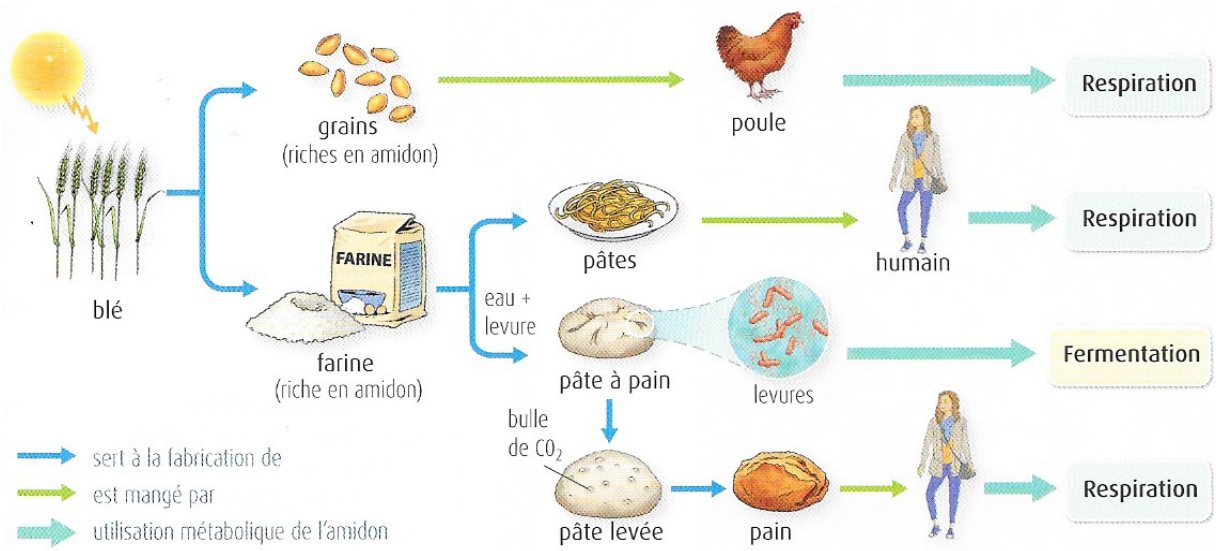
En l'absence de dioxygène, certains organismes, comme les levures (champignons unicellulaires microscopiques) pratiquent la fermentation alcoolique :

Glucose → éthanol + CO_2+ énergie directement utilisable par la cellule + énergie thermique

L'énergie libérée permet le fonctionnement, la croissance et l'entretien de l'organisme.

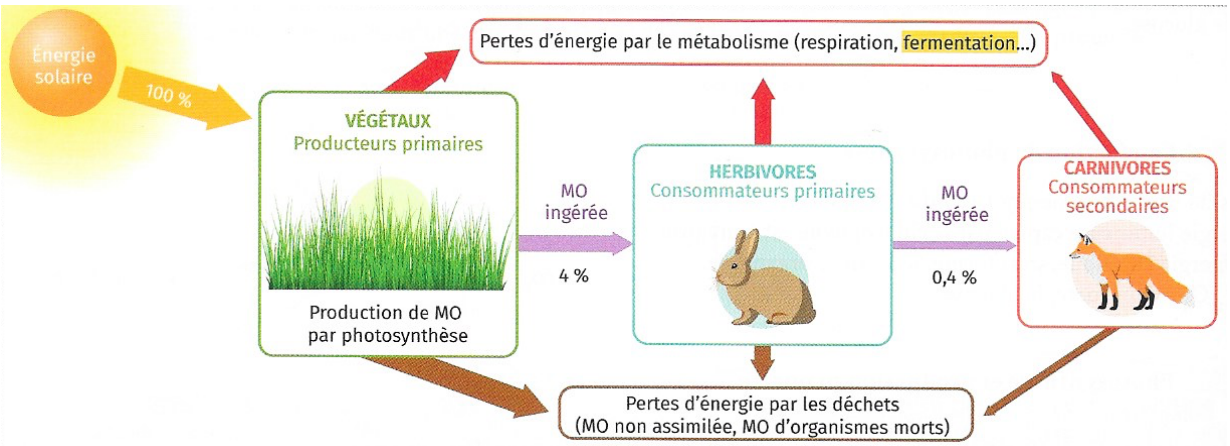
Document 11. Trois exemples d'utilisation de la matière organique produite par le blé.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019



Document 12. Devenir de l'énergie chimique issue de la photosynthèse.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire et Hatier 2019



Les pourcentages indiquent la proportion d'énergie transmise par rapport à l'énergie solaire initialement reçue par les végétaux. La largeur des flèches représente l'importance du flux d'énergie. MO signifie « matière organique ».

Un **réseau trophique** est un ensemble de **chaînes alimentaires** en interaction dans un **écosystème**. Les végétaux chlorophylliens forment le premier niveau de ces chaînes : on les nomme « **producteurs primaires** ». Les autres êtres vivants, qualifiés de **producteurs secondaires** (les consommateurs) se nourrissent de producteurs primaires ou d'autres consommateurs.

Pistes d'exploitation

- **Présenter** les voies de production de l'énergie à partir du glucose chez les êtres vivants (points communs, différences). Les équations sont attendues.
- **Montrer** que le fonctionnement d'un organisme appartenant à un écosystème repose sur les molécules issues de la photosynthèse.
- **Indiquer** sous quelle forme et dans quelle proportion l'énergie est transmise d'un être vivant à un autre. **Qualifier** le rendement d'une chaîne alimentaire.

Document 13. Le rendement des voies métaboliques.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

Lors d'une fermentation, le composé organique produit peut être par exemple de l'éthanol ou de l'acide lactique selon le type de fermentation. La respiration produit jusqu'à 1 080 kJ d'énergie utilisable par mole de glucose, tandis que la fermentation en produit 60 kJ.

Piste d'exploitation

- **Comparer** le rendement énergétique de la respiration et de la fermentation.

Document 14. Energie contenue dans différents types de molécules organiques.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

Type de molécules	Energie contenue (kJ par gramme de poids sec)
Glucides (sucres)	16
Lipides	37
Protéines	17

A partir de nutriments comme le glucose, le métabolisme va produire d'autres molécules organiques constitutives de l'organisme, stockant toutes de l'énergie chimique.

Piste d'exploitation

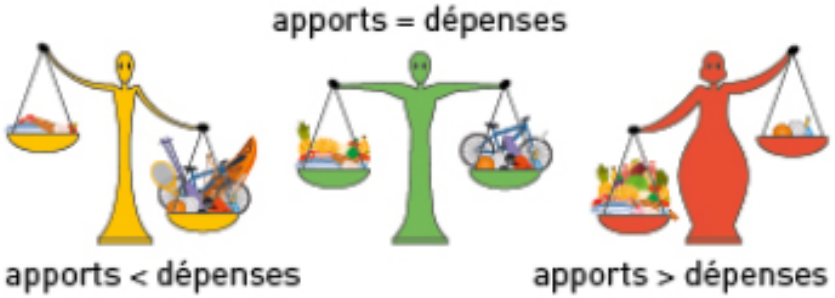
- **Préciser** quel est le type de molécule organique qui contient le plus d'énergie.

Travail 3. Équilibre alimentaire et santé. Documents 15 à 20.

Document 15. Équilibre et déséquilibre énergétiques

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas 2023

Il est important d'assurer un équilibre entre les apports énergétiques issus des aliments et les dépenses énergétiques qui sont liées au métabolisme de base. Ce dernier dépend de nombreux facteurs comme l'âge, le sexe, la taille, la masse et le degré d'activité physique. Ainsi, à l'adolescence, les besoins énergétiques journaliers varient de 2 000 à 3 000 kilocalories (soit environ 8 400 à 12 500 kJ).
Un apport énergétique trop important lié à une consommation excessive d'aliments riches en calories favorise obésité, diabète et maladies cardiovasculaires.
Une dénutrition, c'est-à-dire un déficit calorique global, en particulier chez les enfants, peut entraîner des retards de croissance, des dommages cérébraux, des affaiblissements immunitaires et des décès.



Lien entre activités physiques et dépenses énergétiques.

Boxe (4 rounds)	12 min			**Vélo** 20 à 22 km/h	1 h
Yoga	1 h			**Volley**	1 match
Pêche	1 h	**Golf**	1 h	**Musculation**	1 h 30
Corde à sauter	20 min	**Danse** (générale)	1 h	**Judo**	1 h
Équitation	1 h	**Nage** (crawl)	30 min	**Handball**	1 match
Marche rapide (8 km/h)	30 min	**Basket**	1 match	**Tennis**	1 h 30
		Gymnastique	1 h 30	**Rugby**	1 match
Aviron	30 min	**Course à pied**	30 min	**Football**	1 match
				Ski	2 h
				Course à pied (20 km)	environ 1 h 30

150 à 300 kcal | 300 à 450 kcal | > 450 kcal

Document 16. Le métabolisme de base.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Le métabolisme de base

Même lorsque nous sommes au repos, le fonctionnement des organes (cerveau, intestin, cœur, etc.) consomme de l'énergie : on parle de métabolisme de base, différent pour chaque individu.

Métabolisme de base du sujet (en kJ par jour) :

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13} \times 1\,000$$

avec la masse (m) en kg, l'âge (a) en années et la taille (h) en m. S est un coefficient lié au sexe : 0,963 pour les femmes et 1,083 pour les hommes.

Exemple de dépense musculaire : marche lente (216 W). Footing à 8 $km.h^{-1}$ (500 W).

Pendant une activité physique, les muscles produisent un travail mécanique (contractions), ainsi que de la chaleur. Pour chaque activité, l'énergie consommée correspond à la puissance multipliée par sa durée en secondes : 1 W = 1 $J \cdot s^{-1}$.

Document 17. Les apports énergétiques.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

a

Valeurs moyennes pour 100 g	
Énergie	1 458 kJ 344 kcal
Matières grasses dont saturées	2 g 0,5 g
Glucides dont sucres	68 g 3,5 g
Fibres alimentaires	3 g
Protéines	12 g
Sel	0,03 g

b

Valeurs moyennes pour 100 g	
Énergie	295 kJ / 70 kcal
Matières grasses dont saturées	2,4 g 0,9 g
Glucides dont sucres	7,1 g 5,1 g
Protéines	4,6 g
Sel	1,2 g

Piste d'exploitation

- **Définir** la notion de « métabolisme de base ». **Calculer** la dépense énergétique totale journalière (métabolisme de base + activité musculaire) d'un homme de 25 ans, d'1m70 et 70 kg, qui a couru 1h à 8 km.h^{-1} et marché pendant 1 h durant la journée.
- **Calculer** l'énergie apportée par un plat de 100 g de spaghettis (avant cuisson) et 50 g de sauce bolognaise. Combien de plats de pâtes faudrait-il pour compenser la dépense d'énergie calculée à la question précédente ?
- **Expliquer** la notion de balance énergétique.

Document 18. Équilibre alimentaire et masse corporelle

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Lorsque l'énergie apportée par l'alimentation est supérieure à l'énergie dépensée, l'énergie non dépensée peut être stockée sous forme de graisse dans le tissu adipeux. À moyen terme, cela entraîne un surpoids. À long terme, cela peut conduire à une obésité.
À l'inverse, lorsque les apports nutritionnels sont inférieurs à la dépense énergétique, les réserves de graisse sont consommées : cela entraîne une diminution de la masse corporelle, ce qui peut engendrer des problèmes de santé.
La surveillance de la masse corporelle se fait grâce au calcul de l'**indice de masse corporelle, ou IMC** :

$$IMC = \text{masse (en kg)}/\text{taille}^2 \text{ (en m)}$$

Document 19. Des déséquilibres qualitatifs à l'origine de la malnutrition au niveau mondial

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Document 19A. La surconsommation de sel

Le sodium, un élément chimique essentiel, augmente le risque de cardiopathies, notamment d'accident vasculaire cérébral, et de décès prématuré lorsqu'il est consommé en excès. La principale source de sodium est le sel de table (chlorure de sodium). Pourtant, l'application de politiques de réduction du sodium dans l'alimentation, très efficaces et relativement peu coûteuses, pourrait sauver 7 millions de vies dans le monde d'ici à 2030.

« *Une alimentation déséquilibrée est l'une des principales causes de décès et de maladie dans le monde, et la consommation excessive de sodium l'une des principales coupables* », a déclaré le Dr. T. A. Ghebreyesus, directeur général de l'OMS.

Communiqué de presse de l'OMS, 9 mars 2023.

Doc. 19B. Les carences en micronutriments : l'exemple du fer

Le fer est un élément essentiel qui assure des fonctions importantes telles que le transport du dioxygène et le métabolisme musculaire. La carence en fer est [...] la carence nutritionnelle la plus répandue dans le monde, touchant 33 % des femmes qui ne sont pas enceintes, 40 % des femmes enceintes, et 42 % des enfants.

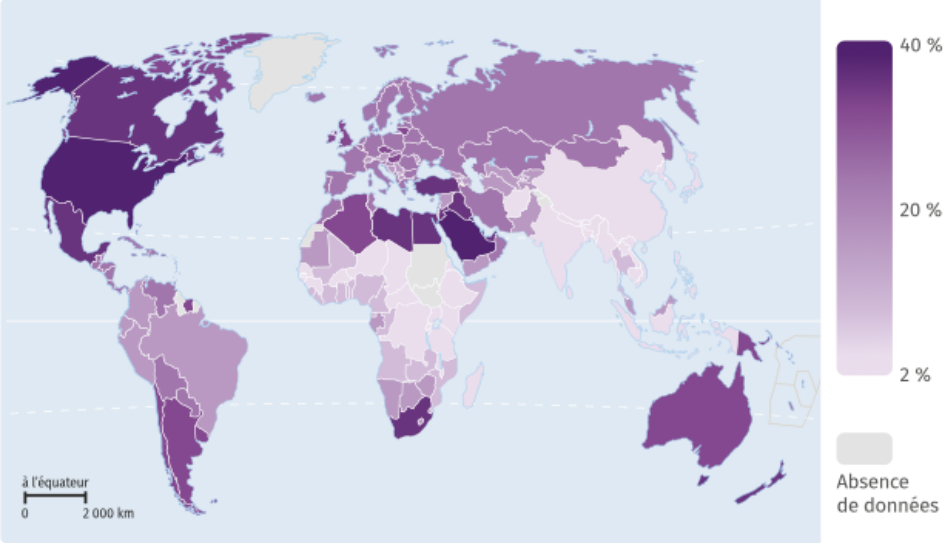
La carence en fer peut avoir des effets néfastes, notamment l'anémie (baisse du taux d'hémoglobine dans le sang), la fatigue, une diminution des performances physiques [...].

Elle survient principalement lorsque les besoins en fer augmentent au cours de périodes de croissance comme la petite enfance, l'adolescence et la grossesse [...]. Chez la femme enceinte, une carence en fer peut provoquer une anémie, une diminution du poids à la naissance et un accouchement prématuré.

Communiqué de presse de l'OMS, 20 avril 2020.

Document 20. L'obésité, un problème majeur de santé publique.

Proportion de la population ayant un IMC supérieur à 30 en 2016.



L'obésité, caractérisée à l'âge adulte par un IMC supérieur à 30, favorise l'apparition de nombreuses pathologies comme le diabète et les maladies cardiovasculaires. En 2016, l'OMS estime que plus de 650 millions d'adultes sont obèses, et ce chiffre est en constante progression.

Piste d'exploitation

- **Comparer** les deux déséquilibres nutritionnels présentés dans les documents.
- **Préciser** quels facteurs peuvent expliquer la répartition mondiale de l'obésité.