LES GUIDES MANGAS

BIOCHIMIE

Auteur MASAHARU TAKEMURA
Dessins KIKUYARO
Scénario KIKUYARO
Studio OFFICE SAWA

Traduction JEAN-YVES FÉVRIER agrégé

Ohmsha
no starch press
H&K

Avant-propos

Ce livre présente l'univers de la biochimie de façon agréable : une BD est plus facile à appréhender qu'un gros manuel ennuyeux.

La biochimie associe biologie et chimie pour étudier les bases de la vie, c'est-à-dire les molécules contituant les organismes vivants, animaux et végétaux, et les réactions chimiques qui se produisent dans les cellules.

Depuis un siècle, le champ de la biochimie s'est étendu de façon spectaculaire. De la fin du 19e siècle à maintenant, les scientifiques ont étudié de nombreuses disciplines d'un point de vue chimique : la médecine, la nutrition, l'agriculture, la biologie et j'en passe. Ces recherches ont conduit à des découvertes incroyables.

Que cette énumération de disciplines ne vous trompe pas ! Dans toutes ces sciences, la biochimie poursuit le même objectif : élucider les bases chimiques ayant permis la vie. C'est pour cela qu'il est impossible de faire l'impasse sur la biochimie dès que vous vous intéressez, professionnellement ou non, à tout ce qui touche au corps humain ou à la vie en général.

Ce livre vous permettra de découvrir, comprendre ou réviser la biochimie. Son organisation est différente des manuels qui présentent dans le premier chapitre toutes les molécules que l'on trouve dans les cellules (glucides, lipides, protéines et acides nucléiques). J'ai préféré aborder ces molécules au fur et à mesure de l'histoire car je pense qu'il est plus facile de les mémoriser lorsqu'elles sont présentées dans leur contexte.

Le 3e chapitre aborde des questions de la vie courante pour lesquelles seule la biochimie peut apporter des réponses. Cela montre que cette discipline ne se limite pas aux salles de classe.

Le personnage principal du manga est Kumi, une jeune fille qui souhaite perdre du poids. J'ai choisi ce thème car lorsque les gens parlent de biochimie, la discussion tourne souvent autour de la nutrition, de la santé et du syndrome métabolique (dont ce livre parle).

Je remercie les professeurs Yukio Furuichi (spécialiste de la biochimie des lipides) et Shonen Yoshida (spécialisé en biochimie et biologie moléculaire) pour leur relecture du livre.

Je remercie également toute l'équipe de développement d'Ohmsha, Sawako Sawada et le mangaka Kikuyaro qui a créé le scénario et dessiné le manga. Enfin, je vous remercie, vous qui avez choisi ce livre. J'espère qu'il vous fera aimer la biochimie.

Masaharu Takemura

Table des matières

Prologue 7

1 Que se passe-t-il dans le corps ? 19

1. Structure de la cellule ... 20
   - Quels sont les composants d'une cellule ? 22

2. Que se passe-t-il dans une cellule ? ... 24
   - Synthèse des protéines 25
   - Métabolisme 26
   - Production d'énergie 28
   - Photosynthèse 30

3. La cellule, siège de nombreuses réactions chimiques ... 32
   - Biochimie de la synthèse protéique 33
   - Biochimie du métabolisme 35
   - Biochimie de la production d'énergie 36
   - Biochimie de la photosynthèse 38

4. Connaissances biochimique essentielles ... 42
   - Le carbone 42
   - Les liaisons chimiques 42
   - Les biopolymères 42
   - Les enzymes 43
   - Les réactions d'oxydo-réduction 43
   - La respiration cellulaire 43
   - Le métabolisme 44

2 Photosynthèse et respiration 45

1. Écosystèmes et cycles ... 46
   - Écosystèmes et cycles biogéochimiques 46
   - Qu'est-ce qu'un cycle biogéochimique ? 49
   - Cycle du carbone 51

2. Parlons de la photosynthèse ... 54
   - L'importance des plantes 54
   - Structure d'un chloroplaste 55
   - Photosynthèse 1/2 : la photophosphorylation 56
   - Photosynthèse 2/2 : fixation du carbone 63

3. Respiration ... 66
   - Qu'est-ce qu'un glucide ? 66
   - Les glucides et le suffixe -ose 69
   - Monosaccharides et structure cyclique 69
   - Pourquoi respirons-nous ? 70
   - La respiration brise le glucose et récupère son énergie 72
   - Étape 1 : décomposition du glucose par glycolyse 74

Étape 2 : cycle de Krebs (de l'acide citrique) 77
Étape 3 : la chaîne de transport des électrons donne plein d'ATP 80
Conclusion 85
4. ATP : la monnaie énergétique commune ... 88
5. Les différents types de monosaccharides ... 89
6. Qu'est-ce que le CoA ? ... 91

3 La biochimie au quotidien 93

1. Lipides et cholestérol ... 94
Que sont les lipides ? 94
Les acides gras 101
Le cholestérol est un type de stéroïde 103
Le rôle du cholestérol 104
Lipoprotéines : au-delà du bien et du mal 106
Qu'est-ce que l'athérosclérose ? 109
Résumé 1 : le cholestérol est-il vraiment mauvais ? 111
2. Biochimie et obésité : pourquoi stocke-t-on la graisse ? ... 112
Énergie absorbée et dépensée 112
Les animaux stockent la graisse 114
L'excès de glucides fait grossir ! 117
Quand la graisse sert de source d'énergie 124
Résumé 2 : pourquoi grossit-on quand on mange trop ? 129
3. Que sont les groupes sanguins ? ... 130
Un exemple 130
Comment le groupe sanguin est-il déterminé ? 131
Résumé 3 : que sont les groupes sanguins ? 135
4. Pourquoi les fruits sont plus sucrés en mûrissant ? ... 136
Quels sont les sucres présents dans les fruits ? 136
Mono-, di- et poly-saccharides 137
Comment les fruits deviennent sucrés 139
Résumé 4 : pourquoi les fruits mûrs sont plus sucrés ? 141
5. Pourquoi les mochis ont une texture souple ? ... 142
Différence entre le riz classique et le riz à mochi 142
Différence entre l'amylose et l'amylopectine 144
Que signifient 1, 4 et 6 dans $\alpha(1 \rightarrow 4)$ et $\alpha(1 \rightarrow 6)$? 146
Résumé 5 : pourquoi les mochis sont souples ? 151

4 Les enzymes, clefs des réactions biochimiques 155

1. Enzymes et protéines ... 156
Les fonctions des protéines 157
Qu'est-ce qu'une enzyme ? 159
Les protéines sont faites d'acides aminés 160
Structure primaire des protéines 164
Structure secondaire des protéines 165
Structure tertiaire des protéines 166
Structure quaternaire des protéines 167

2. Le rôle d'une enzyme 168
Substrats et enzymes 168
Enzyme stricte ou relâchée 170
Classification des enzymes 172
Transférases EC 2.b.c.d 174
La glycosyl-transférase détermine le groupe sanguin 175
Hydrolases EC 3.b.c.d 178
3. Des graphiques pour mieux comprendre les enzymes 180
L'importance des enzymes dans les réactions biochimiques 181
Qu'est-ce que l'énergie d'activation ? 182
Les enzymes abaissent le « mur » 183
Vitesse maximale de réaction 184
L'équation de Michaelis-Menten et la constante de Michaelis 186
Calculons V_{max} et K_m 188
Pourquoi prend-on les inverses ? 192
4. Enzymes et inhibiteurs 199
Enzymes allostériques 202

5 **Biologie moléculaire et biochimie des acides nucléiques** **205**

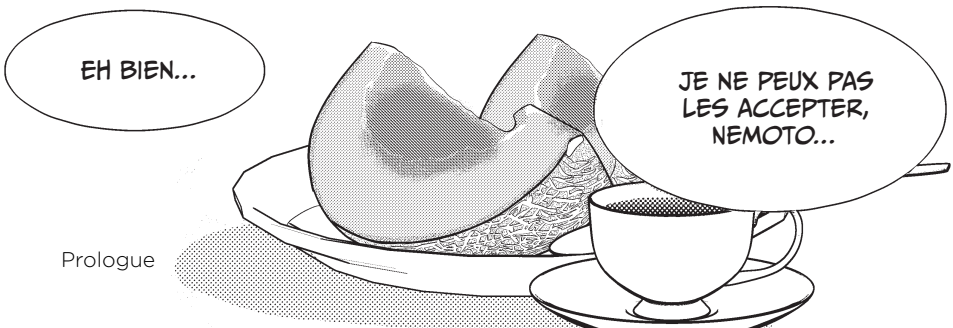
1. Qu'est-ce qu'un acide nucléique ? 208
Présentation des acides nucléiques 208
La découverte de la nucléine 210
Acide nucléique et nucléotides 211
Structure de l'ADN et bases complémentaires 215
Réplication de l'ADN et enzyme ADN polymérase 218
Structure de l'ARN 220
2. Gènes et acides nucléiques 224
L'ADN est le langage des gènes 224
L'ARN a plusieurs métiers 226
L'ARN messager, ou ARNm 228
ARN ribosomal (ARNr) et ARN de transport (ARNt) 229
Ribozymes 232
3. Biochimie et biologie moléculaire 234
Le travail salissant du biochimiste 234
Biochimie et biologie moléculaire : les débuts 235
Les techniques de l'ADN recombinant 235
Retour à la biochimie 236
L'origine de la cellule 237
4. Les expériences en biochimie 238
Chromatographie à colonne 238
Électrophorèse et Western blot 239
Lectine blot 240
Centrifugation 241
Mesure de l'activité d'une enzyme 242

Épilogue **245**

Index 255

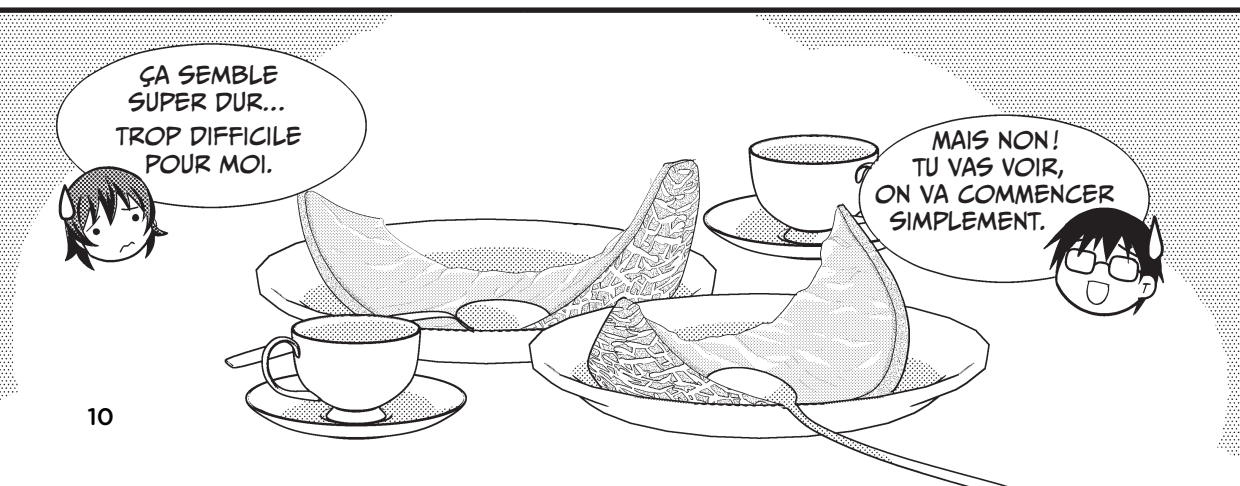
JE SUIS RENTRÉE !
OH, TU ES LÀ ? SALUT.
ATTENDS UNE SECONDE, JE REVIENS !
AAARGH ! JE N'AI PAS PERDU UN GRAMME !
OBJECTIF – 5 kg !
Guerre au gras !

JE DOIS RETROUVER MON POIDS DE FORME !
HEU... HELLO ?
HEIN ?!
JE PASSAIS JUSTE TE DONNER QUELQUES FRUITS DE MON JARDIN, MAIS...
AAAH !
NEMOTO ?
D'OÙ EST-CE QUE TU VIENS ?!


EH BIEN...
JE NE PEUX PAS LES ACCEPTER, NEMOTO...

CE MELON EST DÉLICIEUX ! MAIS...
...JE SUIS AU RÉGIME, DONC PAS DE FRUITS POUR MOI.
J'AI PEUT-ÊTRE UNE BONNE NOUVELLE.
すーん
TU N'AS AUCUNE RAISON DE TE PRIVER, KUMI.
TU PEUX MANGER CE QUE TU VEUX, TU SERAS TOUJOURS AUSSI... HUM... CHOUETTE.
TU PARLES ! MON CORPS EST FAIT DE PIZZAS ET DE GÂTEAUX !
(NOURRITURE FAVORITE DE KUMI)
キュ
キュ
ÇA SUFFIT ! JE VAIS ME DÉPÊCHER D'ATTEINDRE MON OBJECTIF !
JE REFUSE D'ÊTRE EN SURPOIDS UN JOUR DE PLUS !
MAIS KUMI...
C'EST RIDICULE.
キラ！

TU AS TOUT FAUX !
D'ABORD,
TU N'ES *PAS* EN SURPOIDS, ET...
...TU ES DÉJÀ SÉDUISANTE,
ET... HUM...
ROUGIT
...JE PENSE QUE TU NE SAIS PAS COMMENT LE CORPS HUMAIN FONCTIONNE !
HUM
JE SUIS EN TRAIN D'ÉTUDIER CE GENRE DE CHOSES À LA FAC.
やさしい
生化学*
* BIOCHIMIE
BIO... BIO QUOI ?
C'EST DE LA BIOCHIMIE !


ÇA SEMBLE SUPER DUR...
TROP DIFFICILE POUR MOI.
MAIS NON ! TU VAS VOIR, ON VA COMMENCER SIMPLEMENT.

CALORIES, GRAISSE, GUCIDES...
TU SAIS CE QUE C'EST, NON ?
ÉVIDEMMENT ! JE SUIS AU RÉGIME APRÈS TOUT.
BON, REGARDE ÇA !
ドサ
SÉRIEUSEMENT, JETTE UN ŒIL, OK ?
RÉGIME : NOTRE DOSSIER SPÉCIAL
UN CORPS DE RÊVE POUR L'ÉTÉ
LE GRAS FAIT PARTIE DES NUTRIMENTS TRÈS CALORIQUES...
...ET LES GENS DISENT SOUVENT QUE SI ON MANGE TROP DE FÉCULENTS, QUI SONT DES GLUCIDES, ON GROSSIT.
GLUCIDES
GRAS
DESSERT
ÉVIDEMMENT ! JE SAIS DÉJÀ ÇA !
PRENDRE DU POIDS SIGNIFIE ACCUMULER DE LA GRAISSE, NON ?
ALORS POURQUOI CROIS-TU QUE TU VAS GROSSIR EN MANGEANT DES GLUCIDES ?
POURQUOI ?
HEU... J'SAIS PAS. MAIS LES REVUES NE MENTENT PAS !
HUM...

* À propos de l'auteur

CETTE PROF EST...
SI BELLE !
やさしい 生化学
LA CHIMIE N'EST PAS AUSSI DIFFICILE QUE TU LE CROIS, KUMI.
PAR EXEMPLE, LA DIGESTION DU REPAS, CE N'EST QU'UN ENSEMBLE DE RÉACTIONS CHIMIQUES.
QUOI ? PAS CROYABLE !
MAIS ALORS, LES RÉACTIONS CHIMIQUES SE DÉROULENT EN PERMANENCE DANS NOTRE CORPS ?
OUI !
LES ORGANISMES VIVANTS SONT CONSTITUÉS D'INNOMBRABLES MOLÉCULES CHIMIQUES.
PROTÉINES
EAU
GRAISSE
VITAMINES
GLUCIDES
MINÉRAUX
SUBSTANCES CHIMIQUES !
LA GRAISSE ET LES GLUCIDES DONT NOUS PARLIONS EN SONT DONC AUSSI ?
J'ÉTAIS TELLEMENT OBSÉDÉE PAR MON POIDS...
...QUE JE N'AI PAS PENSÉ À MON CORPS D'UN POINT DE VUE CHIMIQUE.

EXACTEMENT ! POUR RÉSUMER...
...LA BIOCHIMIE ÉTUDIE LES RÉACTIONS CHIMIQUES QUI SE DÉROULENT DANS LES ORGANISMES VIVANTS.
EN FAIT, C'EST L'ÉTUDE DE LA *CHIMIE DU VIVANT.*
HUM... ET DONC...
もじ もじ
À LA FAC, JE FAIS DES RECHERCHES SUR LA BIOCHIMIE.
TU POURRAIS ME REJOINDRE AU LABO POUR EFFECTUER UNE EXPÉRIENCE.
もじ もじ
SI JE PARTICIPE À UNE EXPÉRIENCE, JE RENCONTRERAI SON PROFESSEUR !
LE JOUR SUIVANT...
OK ! JE VAIS VENIR !
ET JE SERAI CANON EN UN RIEN DE TEMPS !
*東西南北大学
* Université Krebs

黒坂研究室*
* Laboratoire Kurosaka
HELLO.
BONJOUR KUMI, ENCHANTÉE.
BIENVENUE DANS MON LABORATOIRE.
ELLE EST ENCORE PLUS BELLE QU'EN PHOTO !
EUH, JE VOUDRAIS VRAIMENT SAVOIR...
?

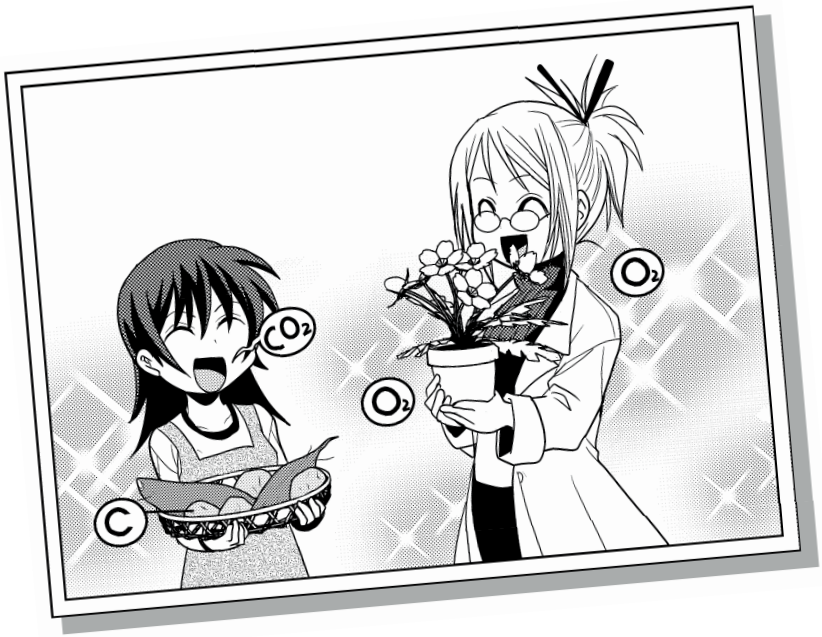
SI J'ÉTUDIE LA BIOCHIMIE, JE DEVIENDRAI AUSSI BELLE QUE VOUS?!
VOTRE PHOTO M'A LITTÉRALEMENT SUBJUGUÉE!
♥ PÂMÉE ♥
OH LÀ LÀ!
EH BIEN, LA BIOCHIMIE N'EST PAS DIRECTEMENT LIÉE À L'APPARENCE PHYSIQUE...
...MAIS ELLE EXPLIQUE LE RÔLE DE LA NOURRITURE ET SES EFFETS SUR LE CORPS.

NOUS ÉTUDIERONS LA TRANSFORMATION CHIMIQUE DE LA NOURRITURE EN NUTRIMENTS PUIS LEUR UTILISATION COMME MATIÈRES PREMIÈRES PAR LE CORPS.
CES CONNAISSANCES AIDENT À SOIGNER LES MALADIES...
...ET À RESTER EN BONNE SANTÉ.
SI TU COMPRENDS COMMENT LE CORPS FONCTIONNE...
...TU SERAS BELLE ET SURTOUT EN PLEINE SANTÉ !
COOOOOL !
SI J'ÉTUDIE LA BIOCHIMIE...
...LA SANTÉ N'AURA PLUS DE SECRET POUR MOI !
JE DEVIENDRAI AUSSI BELLE QUE LA PROF !
J'ACCEPTE !
BONNE DÉCISION !
BON. D'ABORD...
...BOIS CE MUG D'EAU.

IL CONTIENT UN MICRO-ROBOT INVISIBLE À L'ŒIL NU.
CELA PERMETTRA D'OBSERVER TON CORPS DE L'INTÉRIEUR.
MICRO-ROBOT MÉDICAL ROBOCAT
CONCEPTION KUROSAKA LABS
HAUT LES CŒURS!
MAINTENANT, C'EST PARTI...
GLOU GLOU GLOU
SUPER!
QUE L'ÉTUDE DE LA BIOCHIMIE COMMENCE!

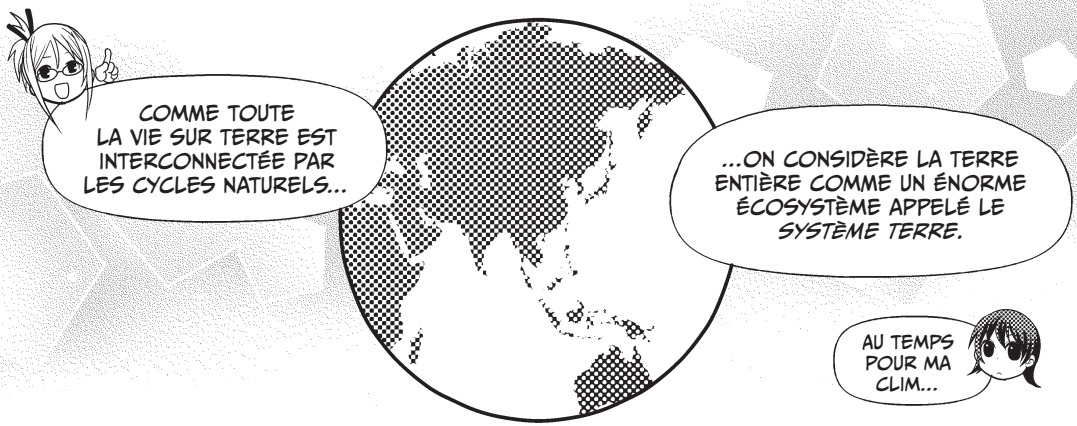
2

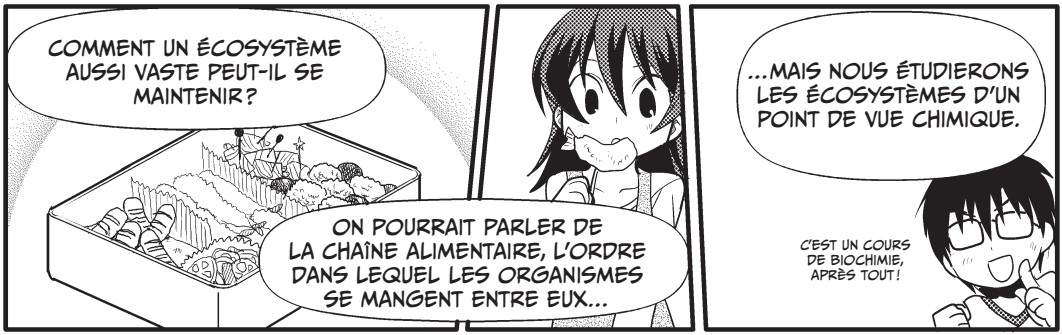
PHOTOSYNTHÈSE ET RESPIRATION

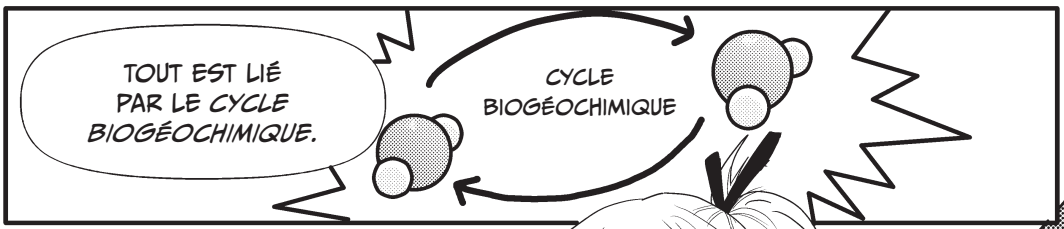


ÉCOSYSTÈMES ET CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES
中央公園*
* Central Park
WAOUH!
CE REPAS EST DÉLICIEUX, ET LE PARC TELLEMENT BEAU!
LE PROFESSEUR KUROSAKA CUISINE À LA PERFECTION!
JE ME RÉGALE!
NE VOUS PRIVEZ PAS, IL Y EN A POUR DIX.
AH, C'EST SI AGRÉABLE DE PIQUE-NIQUER À L'OMBRE DE CES ARBRES...
C'EST VRAI!
VOILÀ UNE BONNE RAISON DE PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT POUR NOS ENFANTS.

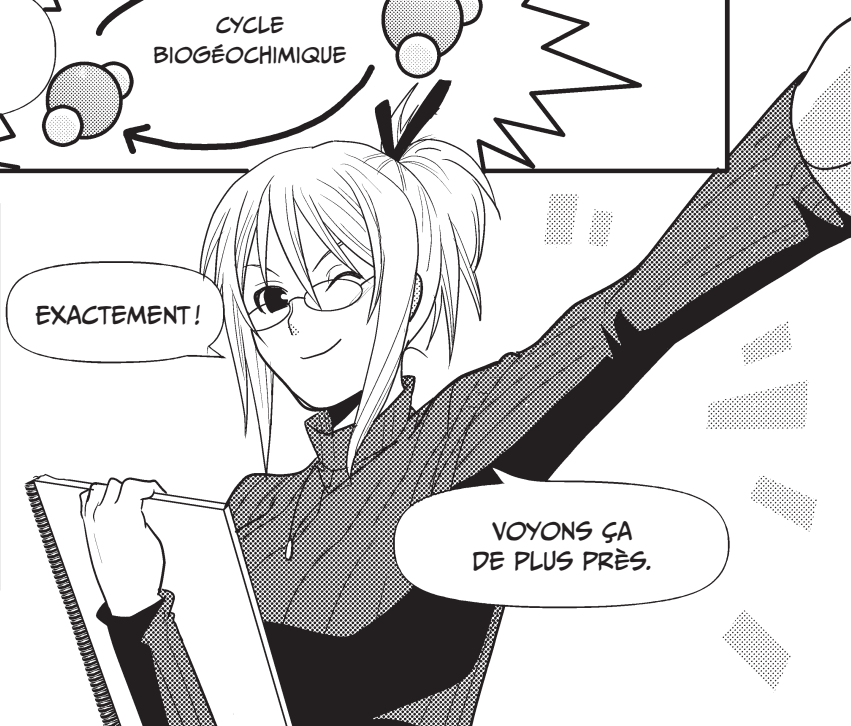
MOI, JE JOUE LE JEU : JAMAIS DE CLIMATISATION !
JE ME CONTENTE DE MANGER DE BONNES GLACES DÈS QU'IL FAIT CHAUD.
SI FRAIS, SI BON !
JE NE PENSAIS PAS VRAIMENT À ÇA...
LE TERME *ENVIRONNEMENT* EST AMBIGU...
...JE NE PEUX PAS DEVINER DE QUOI TU PARLES.
EN FAIT, TU RAISONNES À TON ÉCHELLE, ET NOUS DE FAÇON GLOBALE.
OUI, KUMI. NOUS PARLONS DE L'ENVIRONNEMENT À L'ÉCHELLE DE LA PLANÈTE ENTIÈRE.
GRRRR !
À NOTRE ÉCHELLE, IL S'AGIT D'UN *ÉCOSYSTÈME*...
...C'EST-À-DIRE LES PLANTES, LES ANIMAUX ET LES BACTÉRIES, BREF TOUS LES ÊTRES VIVANTS QUI COHABITENT DANS UNE ZONE DONNÉE, MAIS AUSSI LA MATIÈRE INERTE COMME L'EAU, LA TERRE...
ENSEMBLE, ILS FORMENT UN SYSTÈME AUTONOME.


COMME TOUTE LA VIE SUR TERRE EST INTERCONNECTÉE PAR LES CYCLES NATURELS...
...ON CONSIDÈRE LA TERRE ENTIÈRE COMME UN ÉNORME ÉCOSYSTÈME APPELÉ LE *SYSTÈME TERRE*.
AU TEMPS POUR MA CLIM...


COMMENT UN ÉCOSYSTÈME AUSSI VASTE PEUT-IL SE MAINTENIR?
ON POURRAIT PARLER DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE, L'ORDRE DANS LEQUEL LES ORGANISMES SE MANGENT ENTRE EUX...
...MAIS NOUS ÉTUDIERONS LES ÉCOSYSTÈMES D'UN POINT DE VUE CHIMIQUE.
C'EST UN COURS DE BIOCHIMIE, APRÈS TOUT!

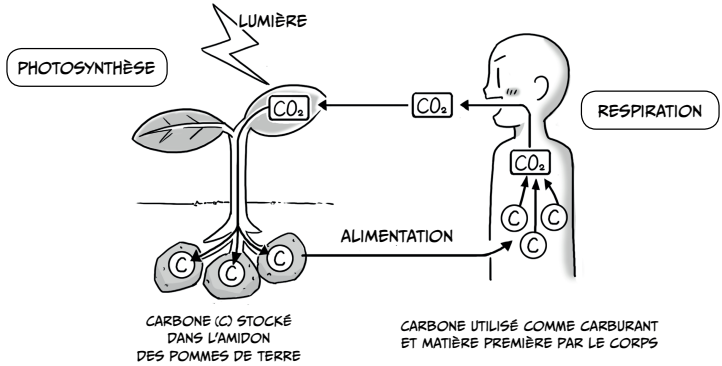

TOUT EST LIÉ PAR LE *CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE*.
CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE

C'EST... UN CYCLE QUI SE RÉPÈTE SANS CESSE?


EXACTEMENT!
VOYONS ÇA DE PLUS PRÈS.

Qu'est-ce qu'un cycle biogéochimique ?

Le cycle biogéochimique terrestre inclut l'écosystème et tout ce qui maintient sa stabilité : chaîne alimentaire, respiration et photosynthèse.



Quand un ours mange un saumon, les molécules qui le constituaient sont intégrées à l'organisme de l'ours.

Dans ce transfert, le **carbone** (symbole **C**) est un élément très important.

Kumi, regarde le dessin ci-dessus. Quand tu manges une pomme de terre, le carbone qu'elle contient est assimilé par ton organisme.

Et quand je respire, l'expiration expulse du carbone sous forme de dioxyde de carbone (CO_2).

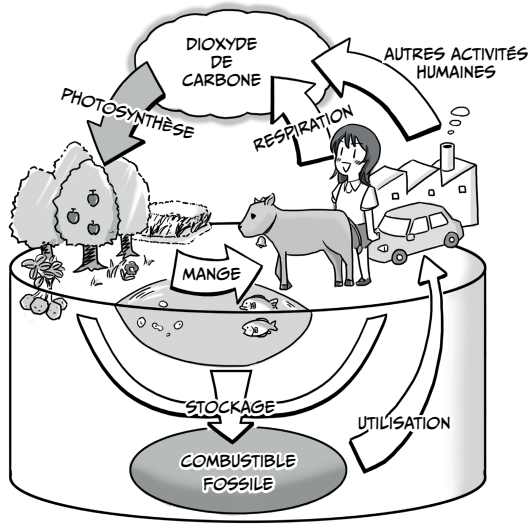
Exact ! Et qui sait, un plan de pommes de terre récupérera peut-être les molécules de CO_2 que tu as éliminées pour le stocker sous forme d'amidon (un glucide) grâce à la photosynthèse...

...Et quand une vache broutera les feuilles, le carbone réintégrera le corps d'un animal. Ce cycle est sans fin !

C'est vrai ! D'autant que comme Kumi aime le steack, le carbone peut passer de la vache à Kumi.

Mmm... Ça me donne envie d'un bon cheeseburger ! Donc le carbone ne cesse de voyager. C'est ça, un cycle biochimique ?

Oui ! Le *cycle du carbone* a lieu sur **toute** la planète.



Waouh ! Alors le riz, la viande, les fruits, tout ce que je mange est lié au CO_2 que quelqu'un a expiré ? Beurk !

Eh bien... ce n'est pas propre au carbone. L'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N) et le soufre (S) se transmettent aussi entre organismes, se dissolvent dans les océans, transitent par l'atmosphère et sont enfouis dans les sols.

Un cycle biogéochimique, c'est le transfert continu d'une substance *chimique* entre différents réservoirs, vivants (*bio*) ou non (*géo*), du système Terre. Quand tous les cycles se produisent sans incidents, l'écosystème et l'environnement sont en bonne santé.

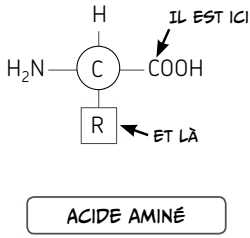
Cycle du carbone

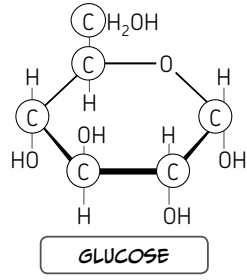
Maintenant, je vais entrer dans les détails du cycle du carbone.

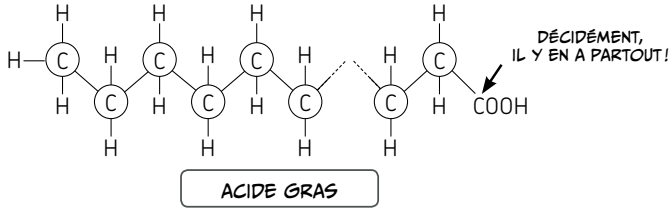
Hum, carbone ? J'ai compris qu'il se balade, mais je ne suis pas encore bien sûre de ce que c'est...

Normal, c'est tout nouveau pour toi ! Nemoto, tu peux faire un petit topo à Kumi ?

Bien sûr. Le carbone est l'élément chimique le plus important pour les créatures vivantes. Il forme le squelette des 20 acides aminés qui constituent les protéines. Il est aussi à la base des glucides, des lipides et de l'ADN.





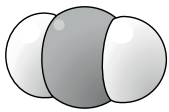


Tu vois ?
Toutes les molécules du vivant contiennent des atomes de carbone.

En effet ! Sans carbone, on ne ressemblerait pas à grand-chose !

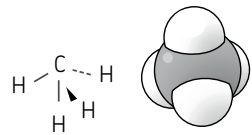
Nous libérons le carbone de deux façons. Lorsque nous respirons, l'expiration évacue du dioxyde de carbone CO_2. Le carbone est alors lié à deux atomes d'oxygène. L'autre façon, ce sont les... Hum... p... professeur ?

Les pets contiennent du méthane (CH_4). Le carbone quittant l'organisme de cette façon est lié à quatre atomes d'hydrogène.



O=C=O

dioxyde de carbone



méthane

Le carbone peut aussi s'accumuler en profondeur pendant de très longues périodes et former du charbon, du pétrole voire des diamants.

Pétrole ! Diamants ! Waouh, le carbone est vraiment précieux !

Oui, mais n'oublie pas qu'ici la richesse n'est pas tout. Le transfert incessant du carbone dans les différentes molécules est crucial. Perturber le cycle du carbone pourrait augmenter la concentration de CO_2 dans l'atmosphère.

Hum... Problématique, non ?

À vous entendre, ce serait un véritable désastre.

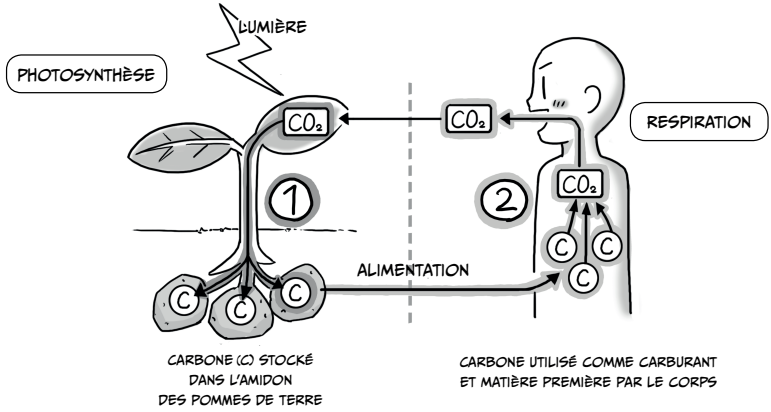
Tu as compris que le *système Terre* est un environnement équilibré où les éléments circulent.

Pour en mesurer l'importance, imagine ton corps comme un système de taille modeste. Le maintien de l'équilibre de tous ses paramètres est gage de santé. Garde cela à l'esprit. Ça favorisera ta quête de forme et de beauté !

Santé et beauté ? J'écoute !

(Waouh, le professeur Kurosaka sait motiver Kumi !)

Revenons au dessin.



Regarde le côté ①, à gauche. La plante participe au **cycle du carbone en capturant le dioxyde de carbone CO_2 lors de la photosynthèse. Ce carbone est utilisé pour synthétiser des glucides (amidon)**.

Dans le côté ②, la personne participe également au **cycle du carbone. En mangeant la plante, elle assimile son amidon puis rejette le carbone dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone CO_2.**

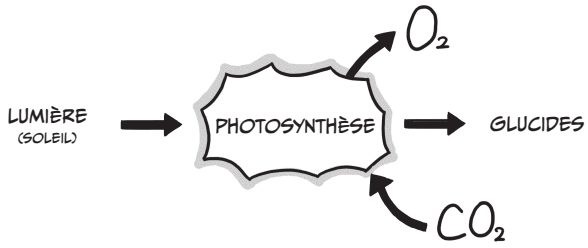
Allez, le pique-nique est terminé. Direction, le laboratoire, pour étudier ces deux cycles !

Super !

2. Parlons de la photosynthèse

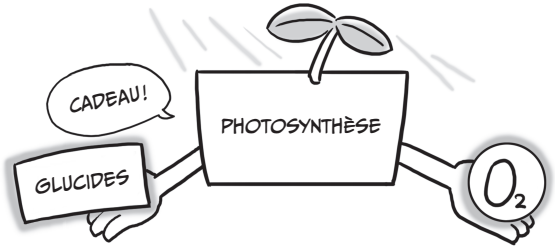
L'importance des plantes

Les plantes, les algues et certaines bactéries sont à la base de l'écosystème en nourrissant les autres créatures vivantes. La majorité utilisent la *photosynthèse* pour produire des glucides et de l'oxygène (O_2) à partir de CO_2 et d'eau (H_2O). La réaction sépare les atomes de la molécule d'eau en utilisant l'énergie lumineuse du soleil.



Voilà pourquoi les plantes sont les ***productrices*** de glucides. Au contraire, les animaux sont les ***consommateurs*** de ces glucides.

La photosynthèse ne se limite pas à la production de glucides. Elle régule la concentration de CO_2 dans l'atmosphère et produit de l'O_2, essentiel à la vie.



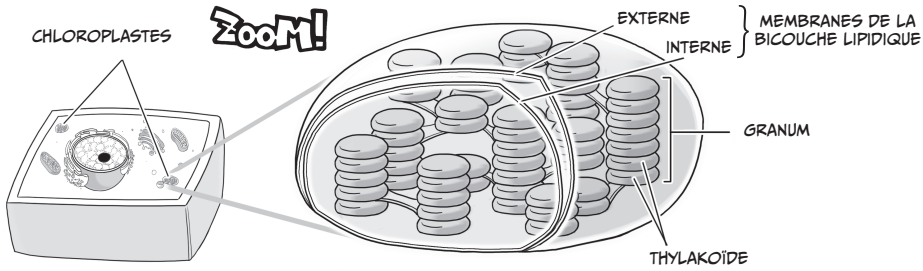
La déforestation réduit le nombre de producteurs. Cela rompt l'équilibre biogéochimique et ses différents cycles, et pourrait devenir une menace pour les consommateurs (dont nous faisons partie !).

Voyons maintenant comment les plantes utilisent la lumière pour créer les glucides.

Structure d'un chloroplaste

Cette image (fournie par RoboCat) montre les *chloroplastes*, sorte de petits sacs verts que l'on trouve dans les cellules végétales.

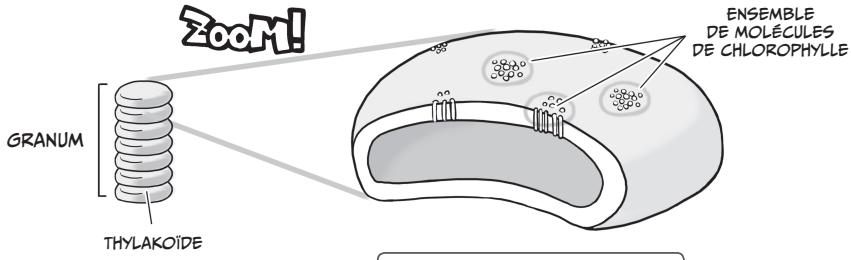
En zoomant sur un chloroplaste, on observe des petits disques (les *thylakoïdes*, du grec *thulakos* « poche, bourse » et *-oïde* pour « aspect ») empilés. Chaque pile forme un *granum* (du latin signifiant « grain »).



STRUCTURE D'UN CHLOROPLASTE

La membrane des thylakoïdes est formée d'une double couche de phospholipides (phosphates liés à deux lipides), comme celle qui entoure la cellule.

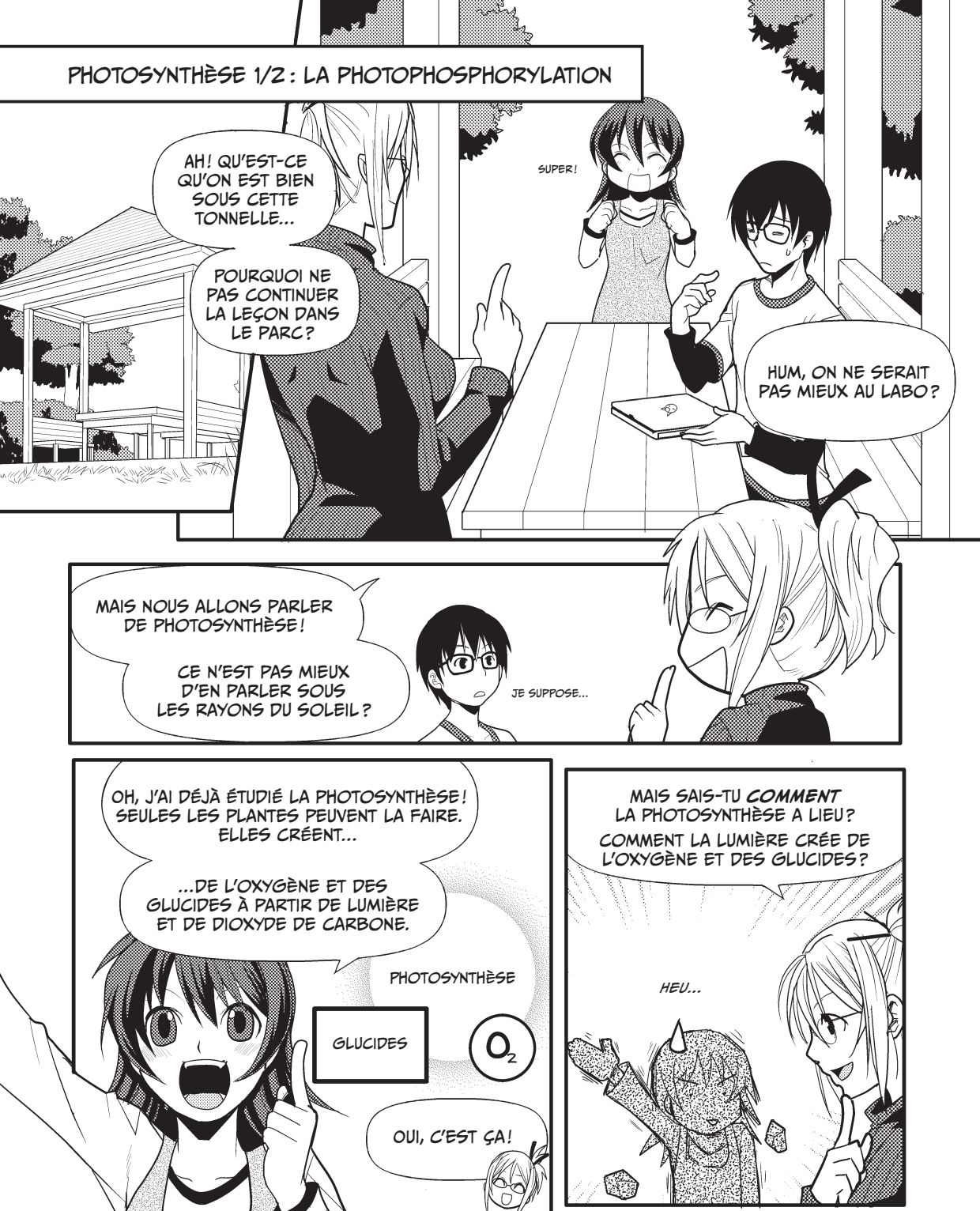
Regardons la surface de cette membrane.



STRUCTURE D'UN THYLAKOÏDE

Tu vois les groupes de petits grains enchâssés dans la membrane du thylakoïde ? Chaque grain est un ensemble de molécules de *chlorophylle* (du grec *khlôros*, « vert » et *phullon*, « feuille »), et de diverses protéines permettant la photosynthèse.

Les molécules de chlorophylle absorbent toute la lumière, sauf les rayons lumineux dont la longueur d'onde correspond au vert, qui sont réfléchis. C'est pour cela que les plantes sont vertes !



PHOTOSYNTHÈSE 1/2 : LA PHOTOPHOSPHORYLATION

AH ! QU'EST-CE QU'ON EST BIEN SOUS CETTE TONNELLE...

POURQUOI NE PAS CONTINUER LA LEÇON DANS LE PARC ?

SUPER !

HUM, ON NE SERAIT PAS MIEUX AU LABO ?

MAIS NOUS ALLONS PARLER DE PHOTOSYNTHÈSE !

CE N'EST PAS MIEUX D'EN PARLER SOUS LES RAYONS DU SOLEIL ?

JE SUPPOSE...

OH, J'AI DÉJÀ ÉTUDIÉ LA PHOTOSYNTHÈSE ! SEULES LES PLANTES PEUVENT LA FAIRE. ELLES CRÉENT...

...DE L'OXYGÈNE ET DES GLUCIDES À PARTIR DE LUMIÈRE ET DE DIOXYDE DE CARBONE.

PHOTOSYNTHÈSE

GLUCIDES

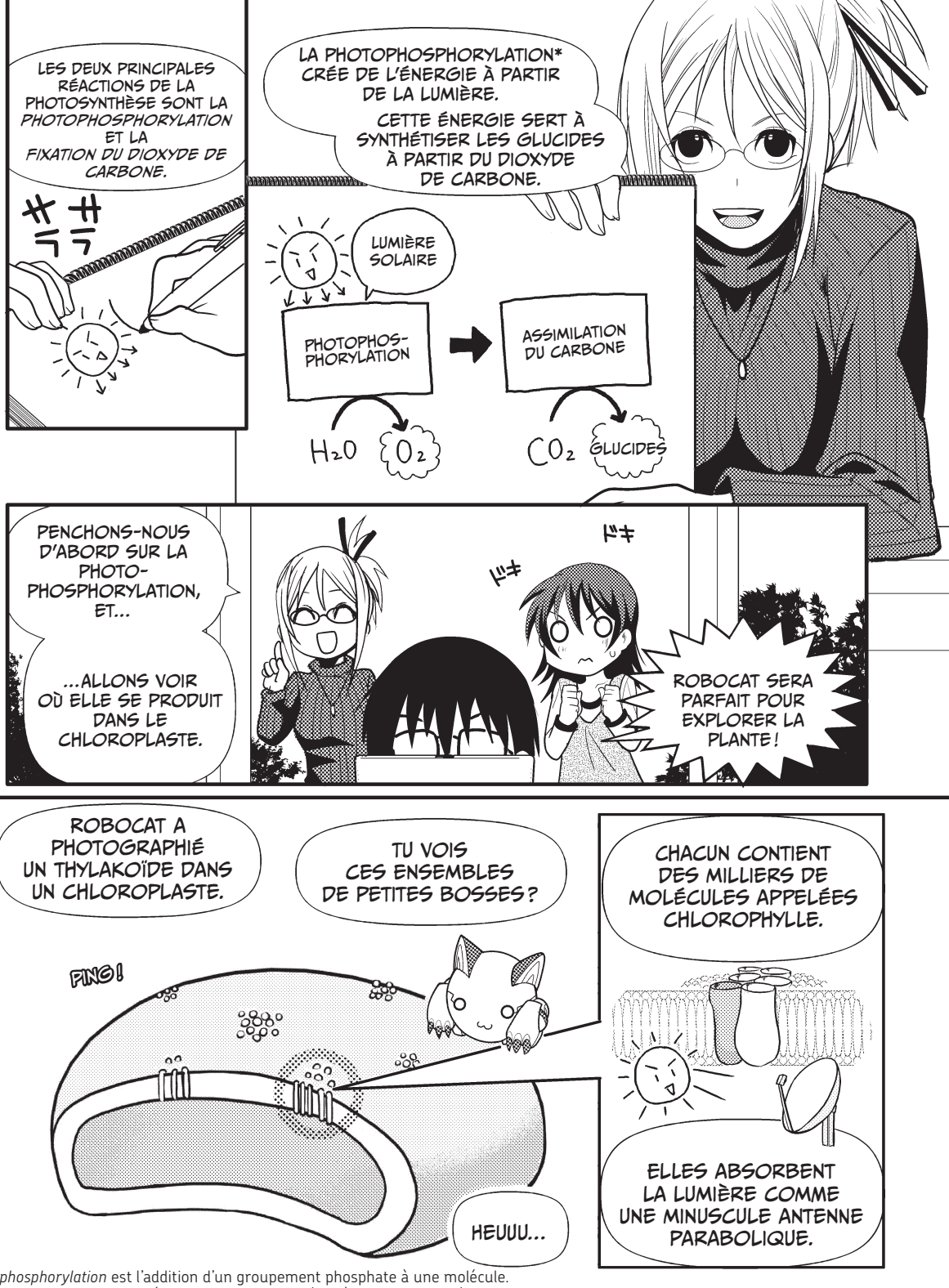
O_2

OUI, C'EST ÇA !

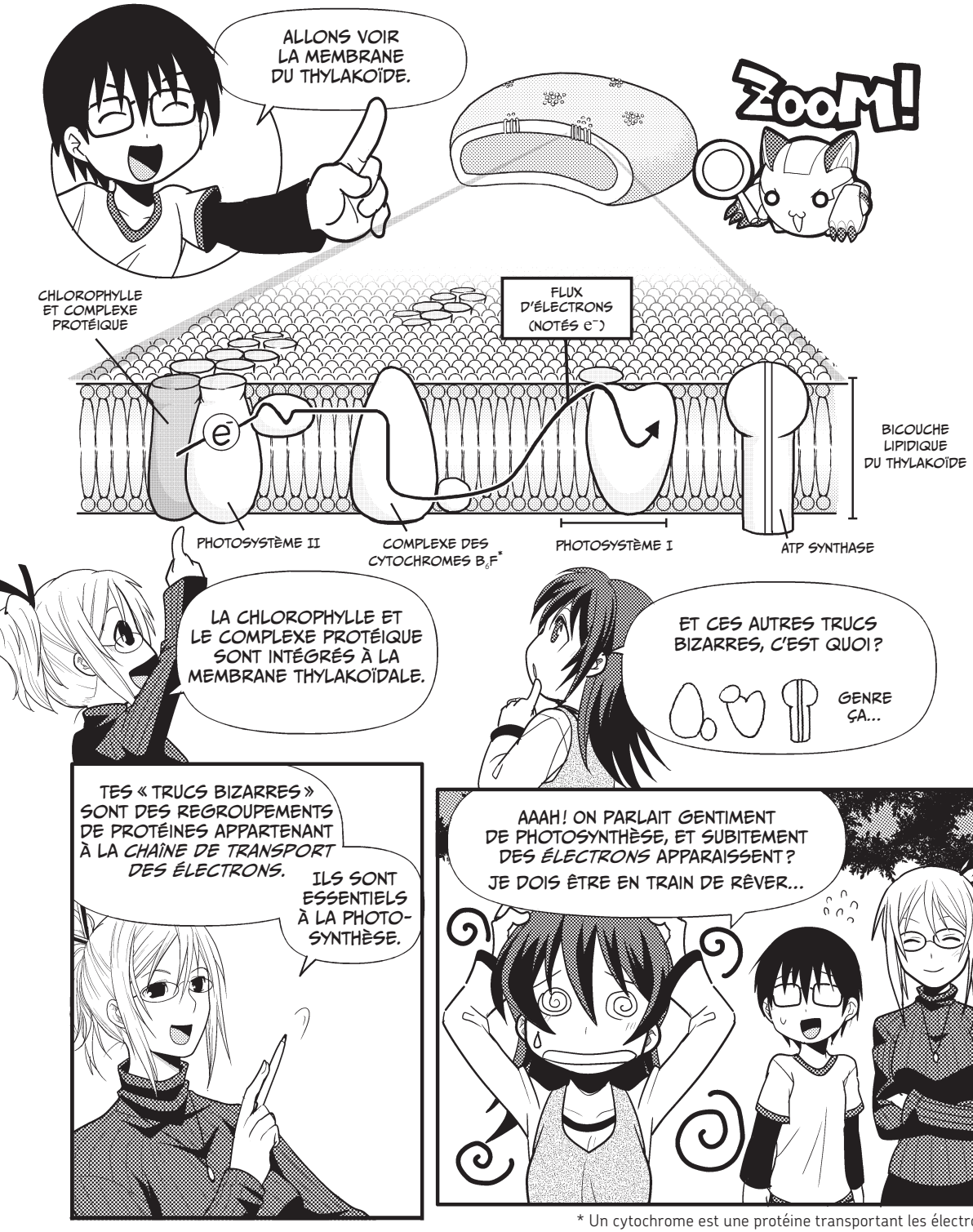
MAIS SAIS-TU *COMMENT* LA PHOTOSYNTHÈSE A LIEU ?

COMMENT LA LUMIÈRE CRÉE DE L'OXYGÈNE ET DES GLUCIDES ?

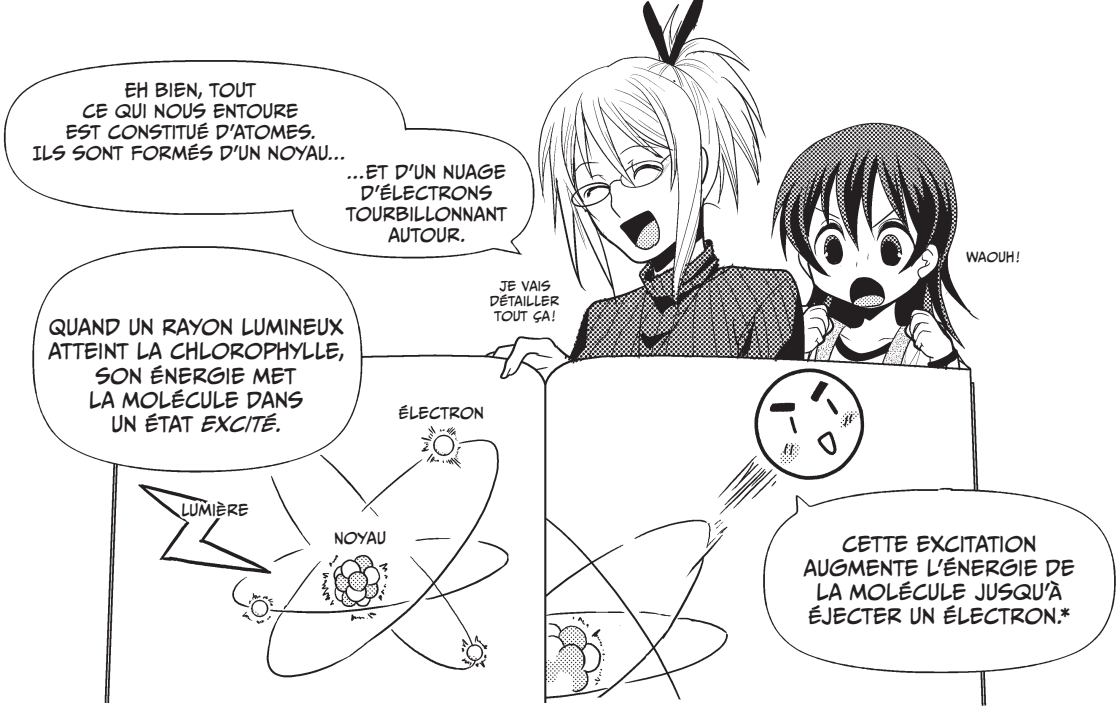
HEU...



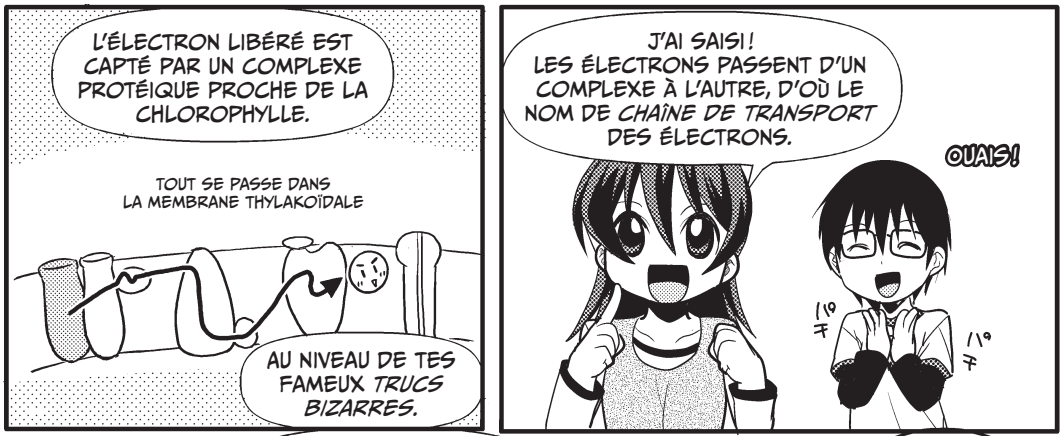
* La *phosphorylation* est l'addition d'un groupement phosphate à une molécule. La *photo*phosphorylation (du grec *photos*, « lumière ») exploite la lumière. C'est spécifique aux végétaux chlorophylliens.

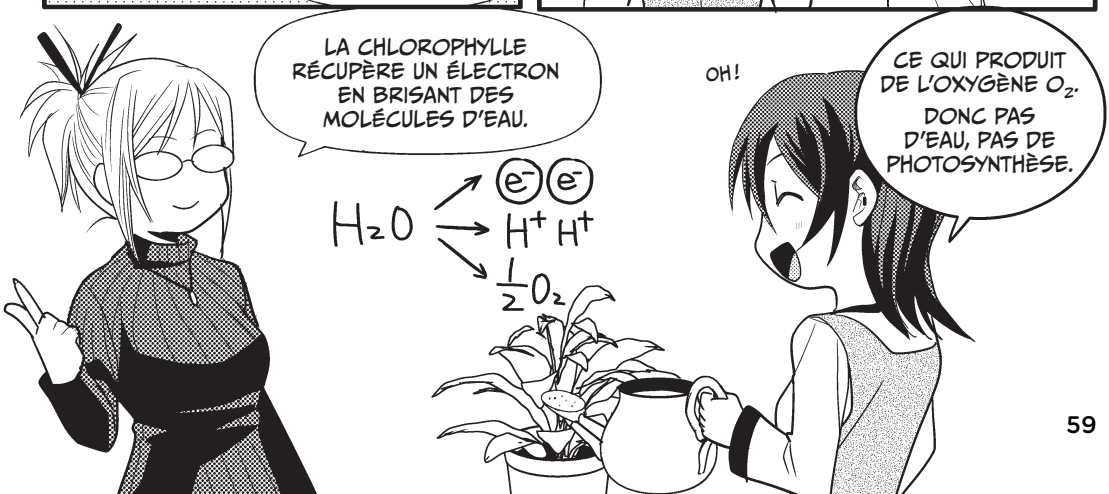


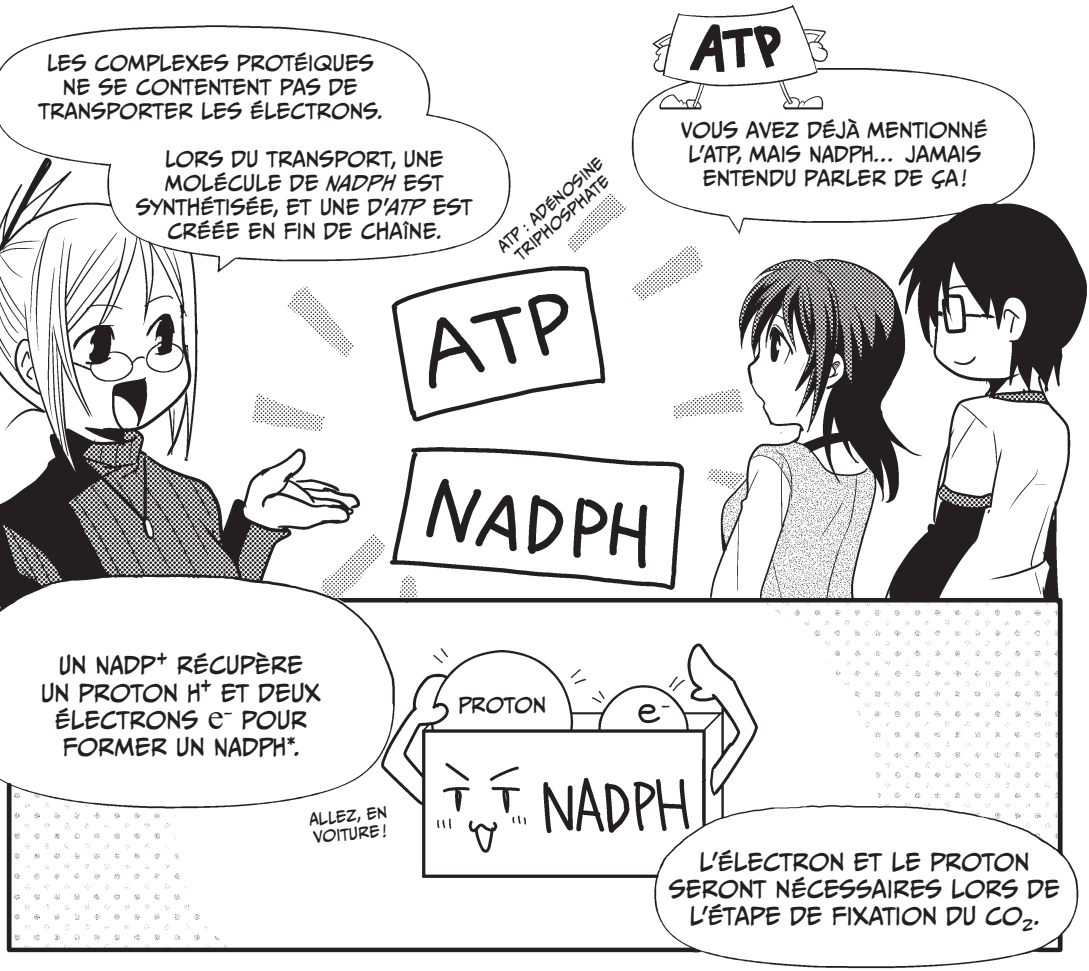
* Un cytochrome est une protéine transportant les électrons. La photosynthèse exploite les cytochromes b_6 et f.

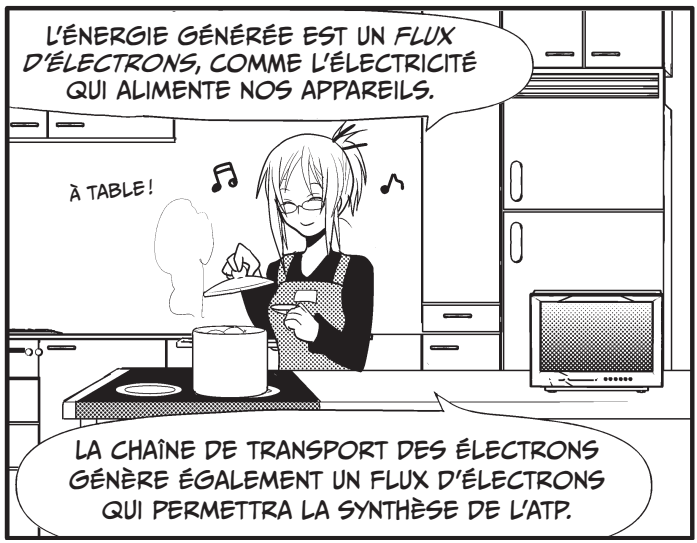


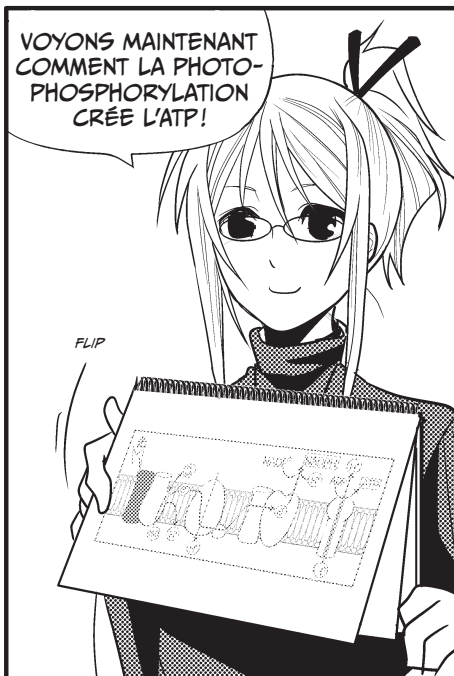
* Plus précisément, les électrons ne sont éjectés qu'au centre réactionnel chlorophilien. Les autres complexes chlorophiliens collectent l'énergie lumineuse pour fournir au centre réactionnel l'énergie nécessaire.



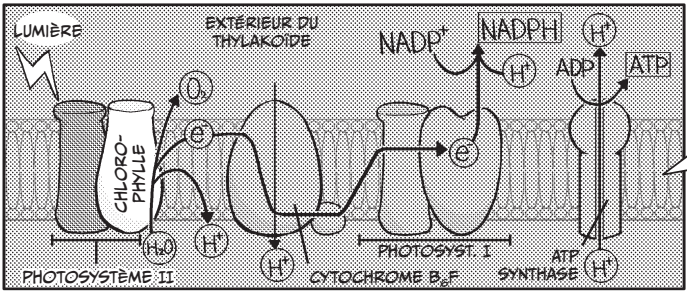






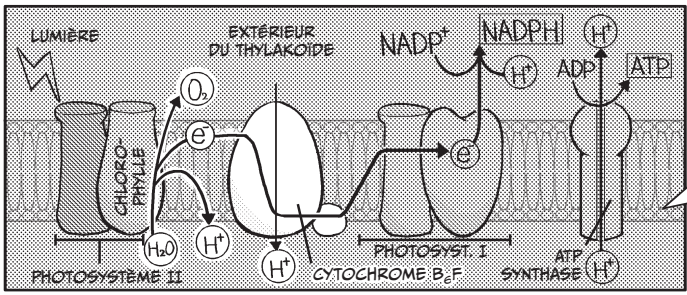


* La molécule NADP possède une forme réduite (NADPH) et une forme oxydée ($NADP^+$).



Étape 1, photosystème II

LA LUMIÈRE FRAPPE LA CHLOROPHYLLE.

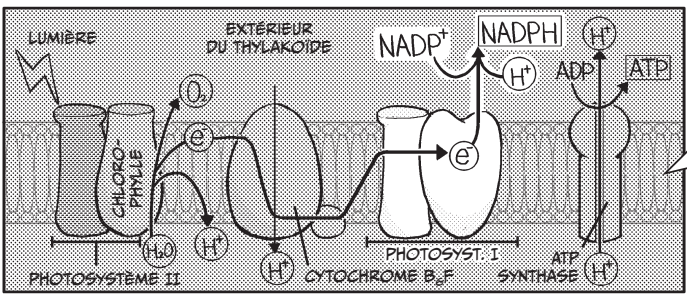


Étape 2, cytochrome b_6f

LA CHLOROPHYLLE ÉMET UN ÉLECTRON e^-...

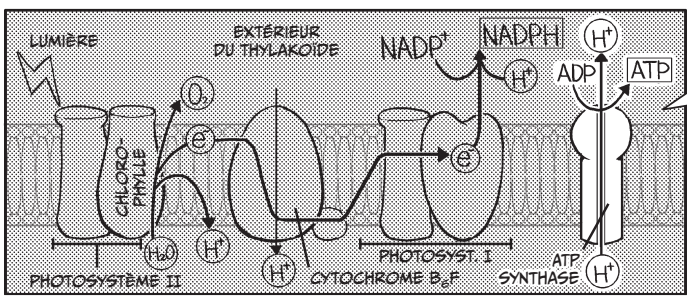
...CAPTÉ PUIS TRANSMIS PAR LE CYTOCHROME.

UN PROTON H^+ RENTRE DANS LE THYLAKOÏDE.



Étape 3, photosystème I

L'ÉLECTRON ET UN H^+ RÉAGISSENT AVEC UN NAPD$^+$ POUR FORMER UNE MOLÉCULE DE NADPH.



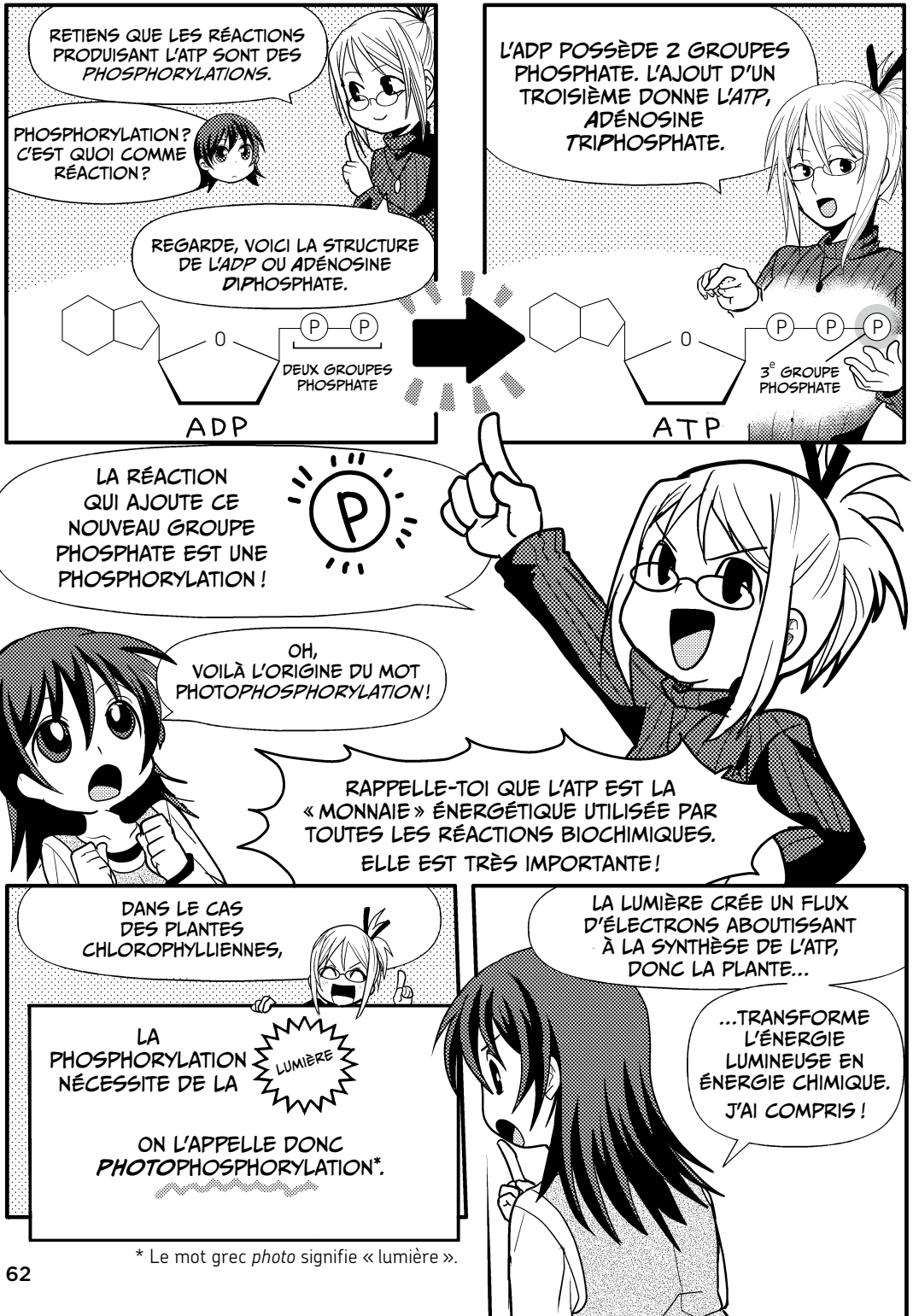
Étape 4, ATP synthase

UN PROTON SORT DU THYLAKOÏDE PAR DIFFUSION* EN PASSANT PAR L'ENZYME ATP SYNTHASE...

...CE QUI LUI FOURNIT ASSEZ D'ÉNERGIE POUR TRANSFORMER UN ADP EN ATP.

* Déplacement spontané de la zone la plus concentrée à la zone la moins concentrée.

Les photosystèmes (« photo » pour « lumière ») ont été numérotés dans l'ordre de leur découverte.



* Le mot grec *photo* signifie « lumière ».

PHOTOSYNTHÈSE 2/2 : FIXATION DU CARBONE

PHOTOPHOSPHORYLATION

FIXATION DU CARBONE OU CYCLE DE CALVIN*

APRÈS LA PHOTO-PHOSPHORYLATION

TRANSFORMANT LUMIÈRE ET EAU EN NADHP...

PASSONS À LA *FIXATION DU CARBONE.*

OK !

LA PHOTOPHOSPHORYLATION PRODUIT L'ATP ET LE NADPH.

LA FIXATION DU CARBONE UTILISE CES DEUX MOLÉCULES ET NE NÉCESSITE PAS DE LUMIÈRE.

ATP

NADPH

ALORS LA FIXATION DU CARBONE A LIEU LA NUIT ?

EUH... NON. ÇA SIGNIFIE JUSTE QUE CETTE ÉTAPE PRÉCISE N'A PAS BESOIN DE LUMIÈRE.

LA RÉACTION GLOBALE A LIEU LA JOURNÉE CAR ELLE UTILISE LE NADPH, QUI N'EST PRODUIT QUE PAR LA LUMIÈRE.

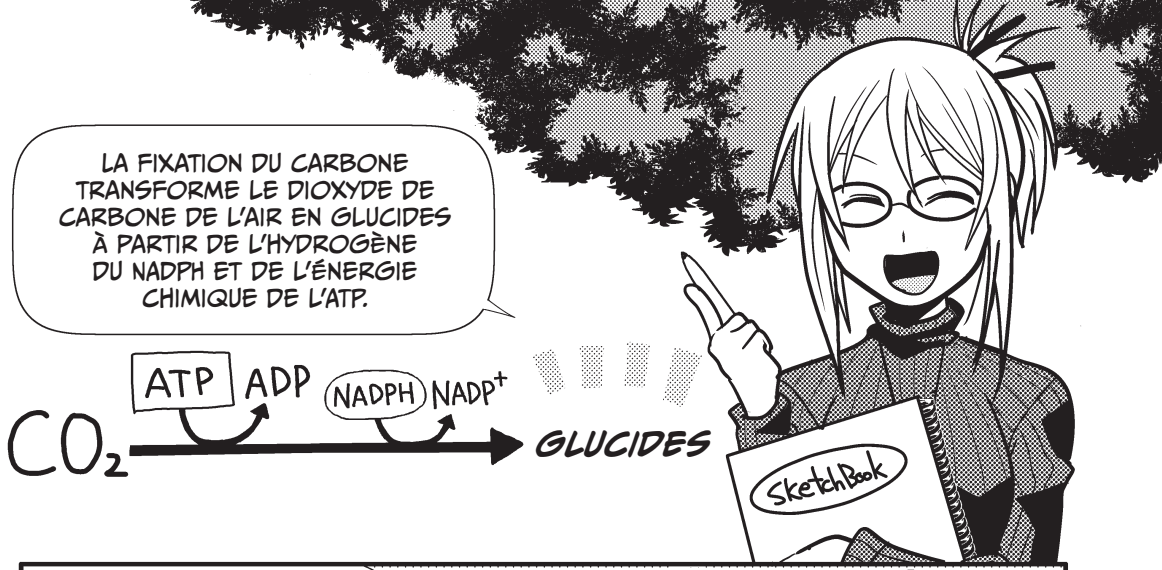
LE CYCLE DE CALVIN SE DÉROULE DANS LE *STROMA*, À L'INTÉRIEUR DU CHLOROPLASTE.

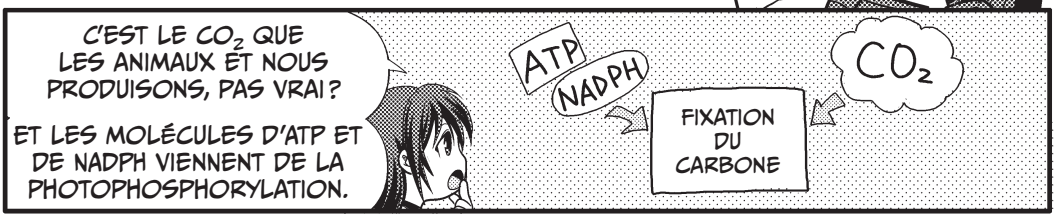
TU VOIS ? ICI.

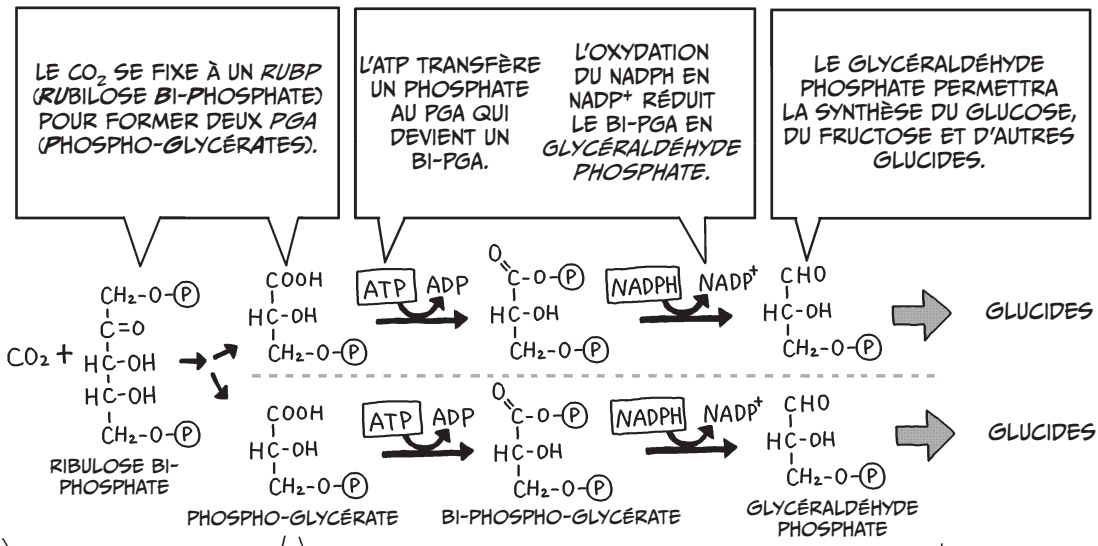
YEP !

STROMA

* Melvin Calvin, prix Nobel de chimie 1961 pour la découverte de ce cycle.


LA FIXATION DU CARBONE TRANSFORME LE DIOXYDE DE CARBONE DE L'AIR EN GLUCIDES À PARTIR DE L'HYDROGÈNE DU NADPH ET DE L'ÉNERGIE CHIMIQUE DE L'ATP.
ATP
ADP
NADPH
NADP+
CO2
GLUCIDES
SketchBook


C'EST LE CO2 QUE LES ANIMAUX ET NOUS PRODUISONS, PAS VRAI ?
ET LES MOLÉCULES D'ATP ET DE NADPH VIENNENT DE LA PHOTOPHOSPHORYLATION.
ATP
NADPH
CO2
FIXATION DU CARBONE


LE CO2 SE FIXE À UN RUBP (RUBILOSE BI-PHOSPHATE) POUR FORMER DEUX PGA (PHOSPHO-GLYCÉRATES).
L'ATP TRANSFÈRE UN PHOSPHATE AU PGA QUI DEVIENT UN BI-PGA.
L'OXYDATION DU NADPH EN NADP+ RÉDUIT LE BI-PGA EN GLYCÉRALDÉHYDE PHOSPHATE.
LE GLYCÉRALDÉHYDE PHOSPHATE PERMETTRA LA SYNTHÈSE DU GLUCOSE, DU FRUCTOSE ET D'AUTRES GLUCIDES.
ATP
ADP
NADPH
NADP+
GLUCIDES
GLUCIDES
RIBULOSE BI-PHOSPHATE
PHOSPHO-GLYCÉRATE
BI-PHOSPHO-GLYCÉRATE
GLYCÉRALDÉHYDE PHOSPHATE
LIAISON DU DIOXYDE DE CARBONE
CONSOMMATION D'ÉNERGIE CHIMIQUE

DONC LE CARBONE EST FIXÉ, PUIS L'ÉNERGIE CHIMIQUE INTERVIENT.

* Le glucose s'assemble en amidon, glycogène, saccharose (glucose+fructose)...

* La saveur sucrée du saccharose (le « sucre » commun) et du fructose incite les animaux à manger les fruits, ce qui dissémine les graines de la plante.

3. Respiration

C'EST UNE TRÈS BONNE REMARQUE, KUMI.

REGARDE. LE TERME *GLUCIDE* REGROUPE EN FAIT UNE MULTITUDE DE MOLÉCULES AUX CARACTÉRISTIQUES VARIÉES.

Saccharose (sucre de table)

Fructose

Lactose

Amidon

WAOUH!

JE SUIS SÛRE QUE TU VEUX EN SAVOIR PLUS SUR LES GLUCIDES... ET SUR LE SUCRE!

C'EST L'HEURE DES GLUCIDES!

OUAIS!

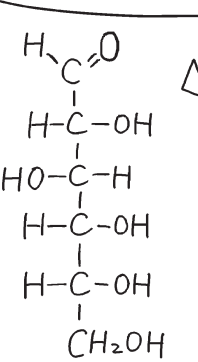
LE *GLUCOSE* EST UN GLUCIDE ESSENTIEL. LA MOLÉCULE PEUT SE PRÉSENTER SOUS FORME LINÉAIRE OU CYCLIQUE.

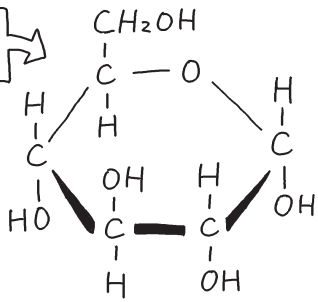
CETTE FORME CYCLIQUE EST L'α-GLUCOSE. LA PERMUTATION DES H ET OH DU CARBONE DE DROITE DONNE DU β-GLUCOSE.

LE CYCLE PASSE CONTINUELLEMENT DE LA FORME α À β PAR L'INTERMÉDIAIRE DE LA FORME LINÉAIRE.

FORME LINÉAIRE

FORME CYCLIQUE (α-GLUCOSE)





DANS LA FORME LINÉAIRE, SIX ATOMES DE CARBONE (C) SONT ALIGNÉS.

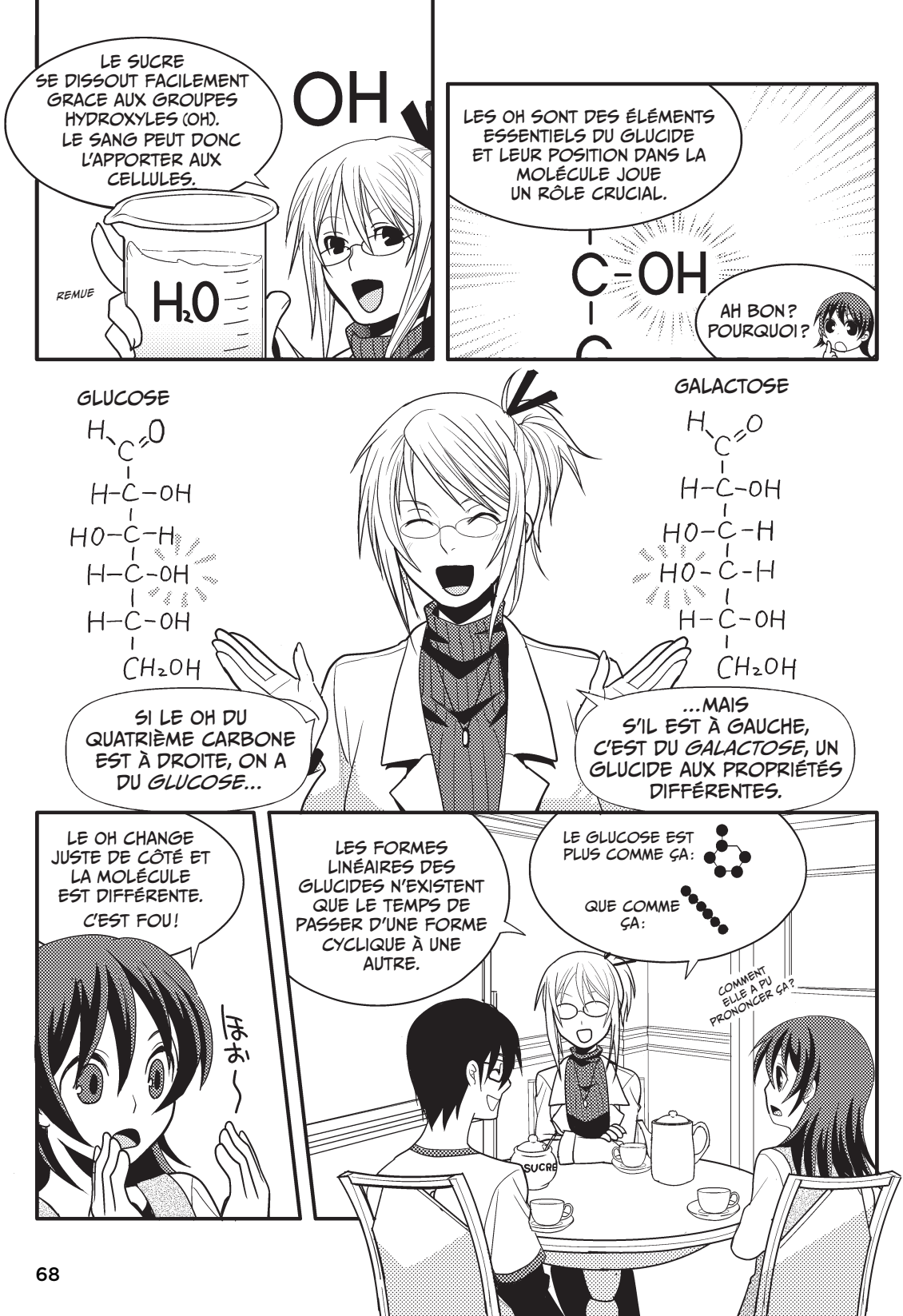
UN HYDROGÈNE (H) ET UN GROUPE HYDROXYLE (OH OU HO) SONT LIÉS AUX CINQ DERNIERS.

LE CARBONE DU HAUT DANS LA FORME LINÉAIRE EST UN

GROUPE ALDÉHYDE

C'EST UN COMPOSANT DE BASE DES GLUCIDES ÉLÉMENTAIRES.

NOUS Y REVIENDRONS!


LE SUCRE SE DISSOUT FACILEMENT GRACE AUX GROUPES HYDROXYLES (OH). LE SANG PEUT DONC L'APPORTER AUX CELLULES.
OH
REMUE
H2O
LES OH SONT DES ÉLÉMENTS ESSENTIELS DU GLUCIDE ET LEUR POSITION DANS LA MOLÉCULE JOUE UN RÔLE CRUCIAL.
C-OH
AH BON ? POURQUOI ?
GLUCOSE
GALACTOSE
SI LE OH DU QUATRIÈME CARBONE EST À DROITE, ON A DU GLUCOSE...
...MAIS S'IL EST À GAUCHE, C'EST DU GALACTOSE, UN GLUCIDE AUX PROPRIÉTÉS DIFFÉRENTES.
LE OH CHANGE JUSTE DE CÔTÉ ET LA MOLÉCULE EST DIFFÉRENTE. C'EST FOU !
HAAA~
LES FORMES LINÉAIRES DES GLUCIDES N'EXISTENT QUE LE TEMPS DE PASSER D'UNE FORME CYCLIQUE À UNE AUTRE.
LE GLUCOSE EST PLUS COMME ÇA:
QUE COMME ÇA:
COMMENT ELLE A PU PRONONCER ÇA ?
SUCRE

Les glucides et le suffixe « -ose »

Avez-vous remarqué que beaucoup de glucides (glucose, fructose, galactose, saccharose…) se terminent par « -ose » ? C'est une règle standardisée pour nommer les petites molécules de glucide. Le glucose fournit l'énergie aux cellules. Il est acheminé par le sang. Quand on parle de « taux de sucre dans le sang », ou *glycémie*, il s'agit de lui. Le fructose et le lactose sont les sucres respectifs des fruits et du lait.

Les glucose, fructose et galactose font partie des mono-saccharides, qui sont des glucides non décomposables. Les di-saccharides sont formés de deux monosaccharides, comme le sucre de table, appelé saccharose (glucose + fructose) et le lactose (glucose + galactose).

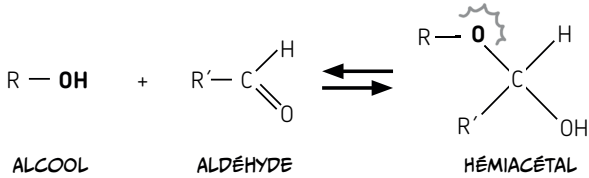
Enfin, les poly-saccharides sont formés de centaines de monosaccharides. Par exemple, l'amidon, la cellulose et le glycogène sont des assemblages différents du seul glucose.

Monosaccharides et structure cyclique

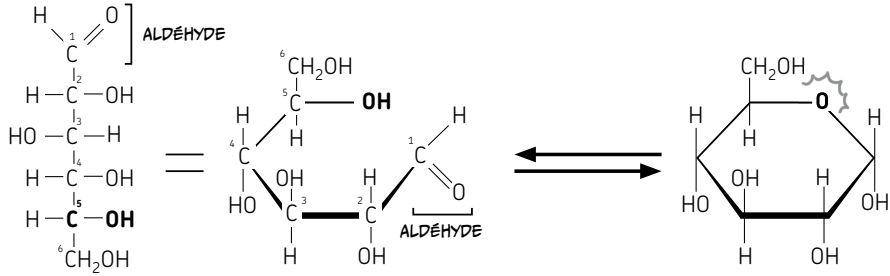
Pourquoi les monosaccharides sont-ils plus souvent sous forme cyclique que linéaire ? Cela vient du groupe hydroxyle (« OH ») de l'un des carbones.

Les alcools sont l'exemple parfait pour comprendre le processus, car leurs molécules sont de la forme R-OH. (R est un radical variable selon le type d'alcool.) Par exemple, le méthanol CH_3-OH, ou l'éthanol CH_3-CH_2-OH (alcool éthylique, celui qui est dans les boissons).

Le groupe hydroxyle OH peut se lier à un groupe aldéhyde HC=O pour former un *hémiacétal*.



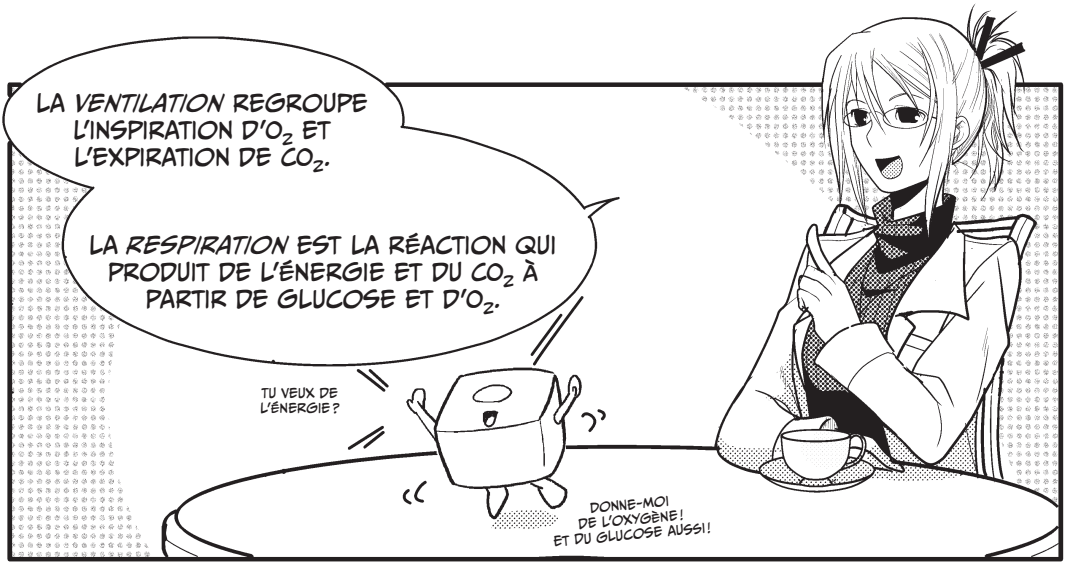
Comme le monosaccharide possède à la fois un groupe aldéhyde et un groupe hydroxyle, les deux réagissent en se liant, ce qui referme la molécule.

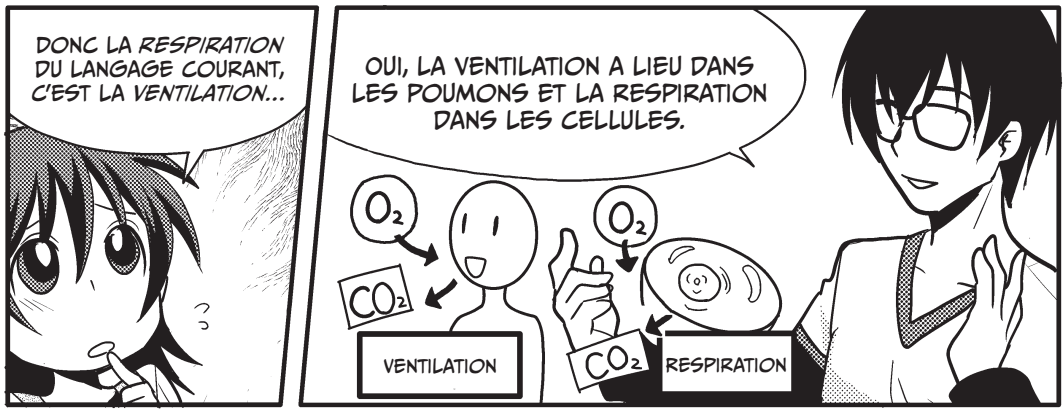


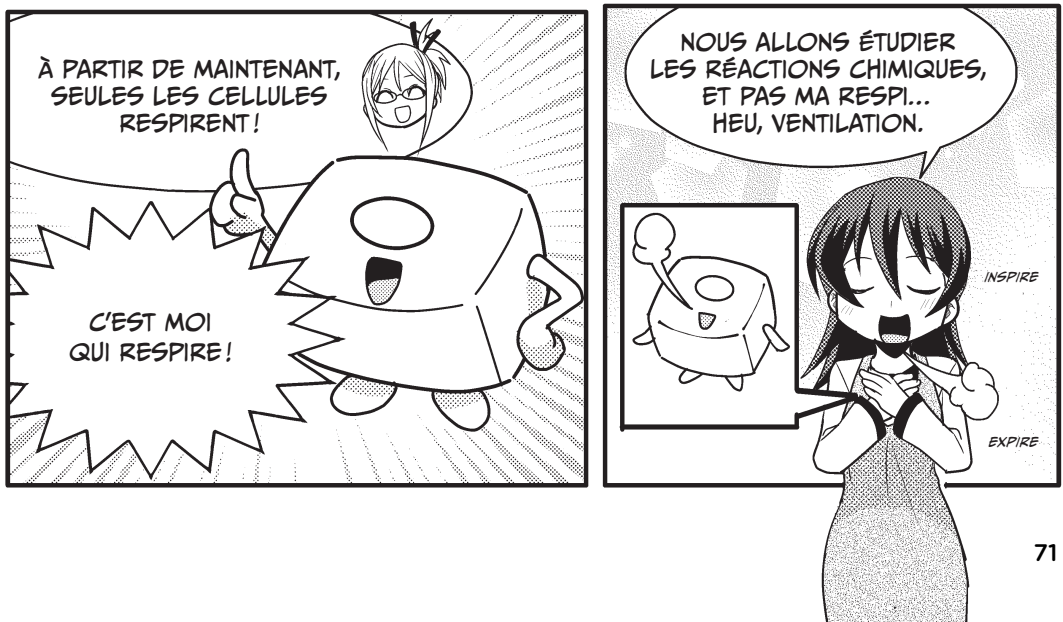
LE GLUCOSE LINÉAIRE DEVIENT CYCLIQUE QUAND LE GROUPE OH DE SON 5E CARBONE…

…RÉAGIT AVEC SON GROUPE ALDÉHYDE.

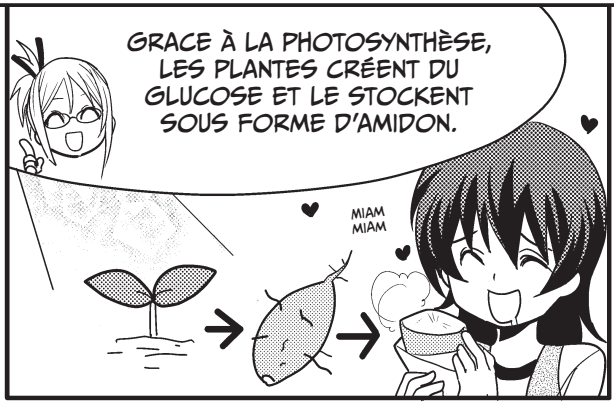
POURQUOI RESPIRONS-NOUS ?
VOUS SAVEZ QUE NOUS AVONS BESOIN DE RESPIRER EN PERMANENCE...
...MAIS POURQUOI EST-CE NÉCESSAIRE ?
JE SAIS ! ÇA PERMET D'ABSORBER L'OXYGÈNE ET DE REJETER LE DIOXYDE DE CARBONE.
CO_2
O_2
HEIN ?!
MOUAIS... PLUS PRÉCISÉMENT, NOS CELLULES ONT BESOIN D'OXYGÈNE POUR PRODUIRE L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE À LA VIE.
ATP
« IL ME FAUT DES NUTRIMENTS ET DE L'OXYGÈNE POUR CRÉER DE L'ATP ! »
L'OXYGÈNE EST INDISPENSABLE POUR DÉCOMPOSER LE GLUCOSE ET EXTRAIRE SON ÉNERGIE.
HMMM...
DIT AUTREMENT, L'OXYGÈNE PERMET DE RÉCUPÉRER L'ÉNERGIE CONTENUE DANS NOTRE NOURRITURE !
J'AI FAIM...
MIAM !
EXTRACTION D'ÉNERGIE
FORCE ET SANTÉ !
O_2
OXYGÈNE

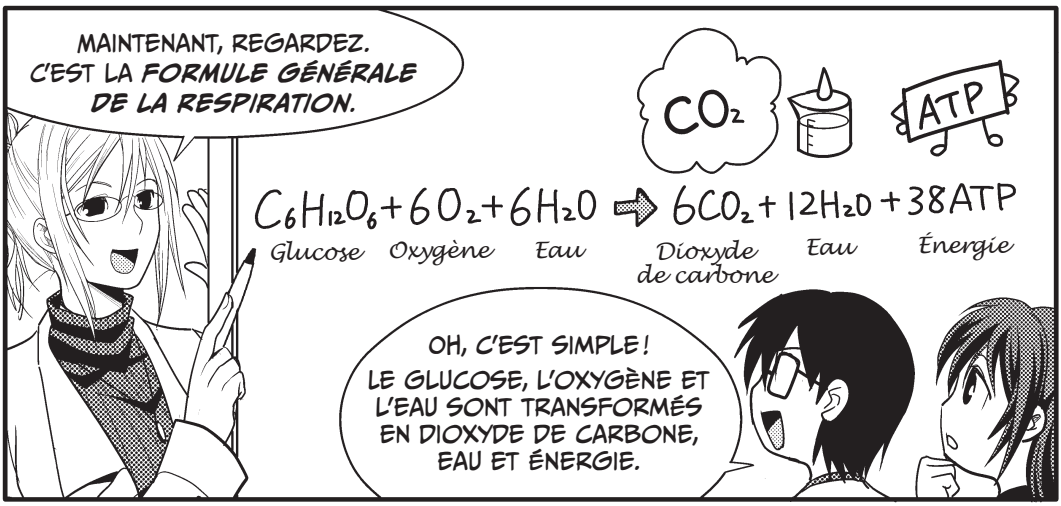

LA *VENTILATION* REGROUPE L'INSPIRATION D'O_2 ET L'EXPIRATION DE CO_2.
LA *RESPIRATION* EST LA RÉACTION QUI PRODUIT DE L'ÉNERGIE ET DU CO_2 À PARTIR DE GLUCOSE ET D'O_2.
TU VEUX DE L'ÉNERGIE ?
DONNE-MOI DE L'OXYGÈNE ! ET DU GLUCOSE AUSSI !

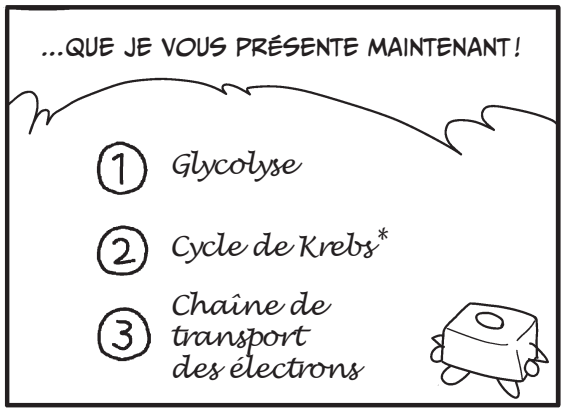

DONC LA *RESPIRATION* DU LANGAGE COURANT, C'EST LA *VENTILATION*...
OUI, LA VENTILATION A LIEU DANS LES POUMONS ET LA RESPIRATION DANS LES CELLULES.
O_2
CO_2
VENTILATION
O_2
CO_2
RESPIRATION


À PARTIR DE MAINTENANT, SEULES LES CELLULES RESPIRENT !
C'EST MOI QUI RESPIRE !
NOUS ALLONS ÉTUDIER LES RÉACTIONS CHIMIQUES, ET PAS MA RESPI... HEU, VENTILATION.
INSPIRE
EXPIRE

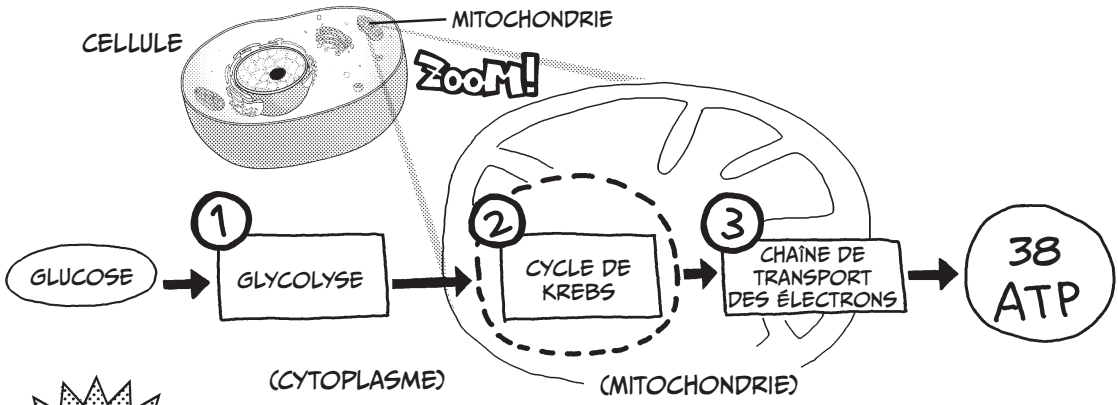
LA RESPIRATION BRISE LE GLUCOSE ET RÉCUPÈRE SON ÉNERGIE





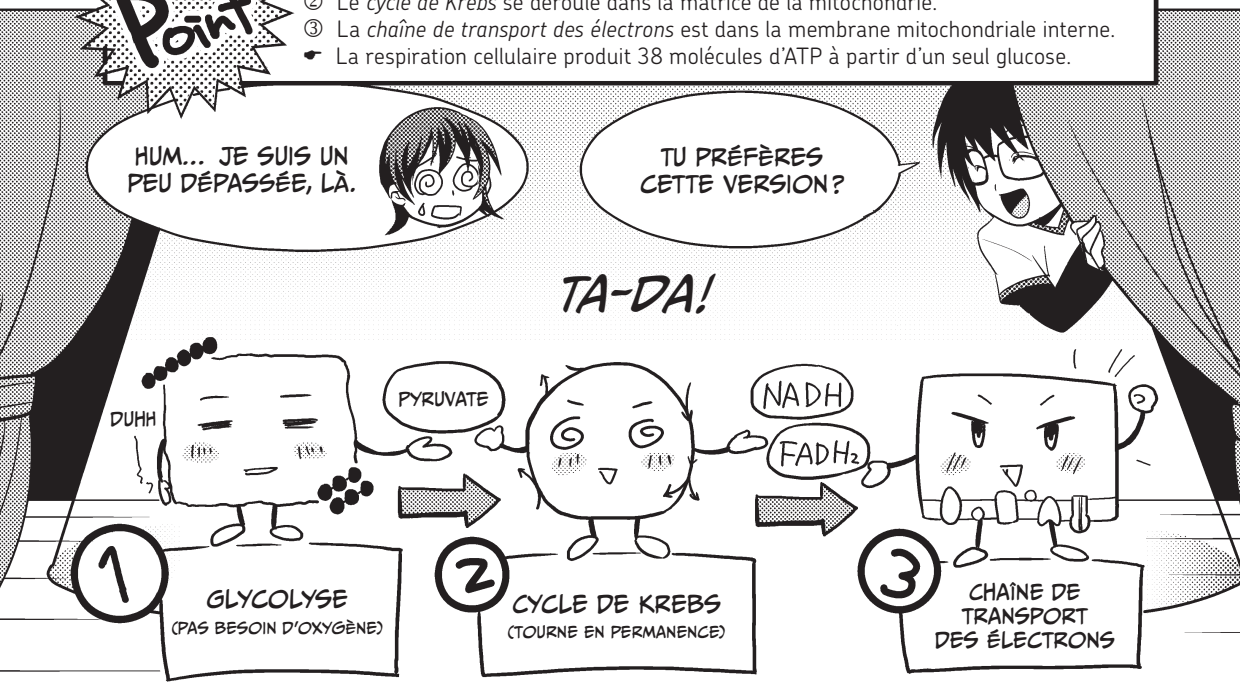


* Aussi appelé cycle de l'acide citrique.

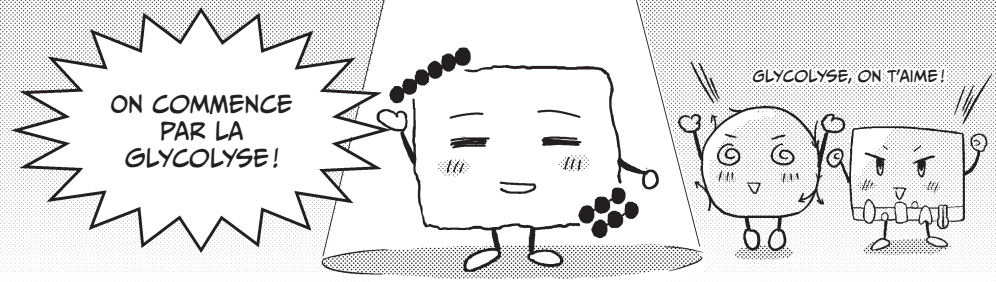


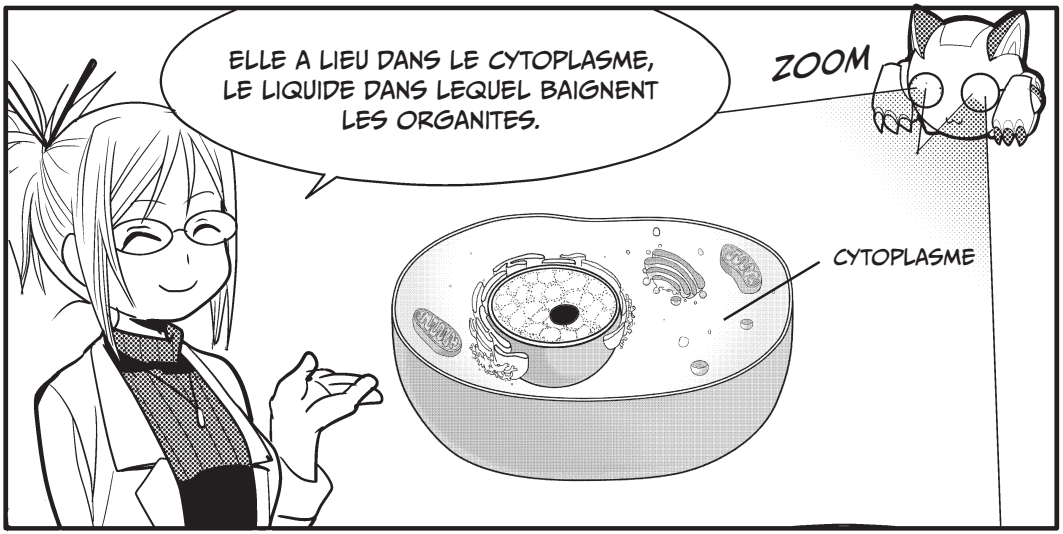
Point

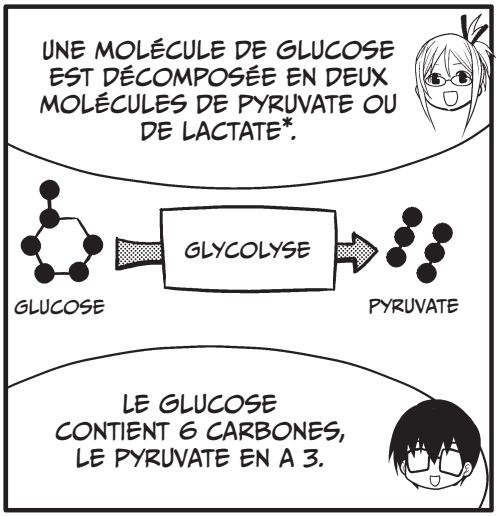
① La *glycolyse* a lieu dans le cytoplasme.
② Le *cycle de Krebs* se déroule dans la matrice de la mitochondrie.
③ La *chaîne de transport des électrons* est dans la membrane mitochondriale interne.
☛ La respiration cellulaire produit 38 molécules d'ATP à partir d'un seul glucose.

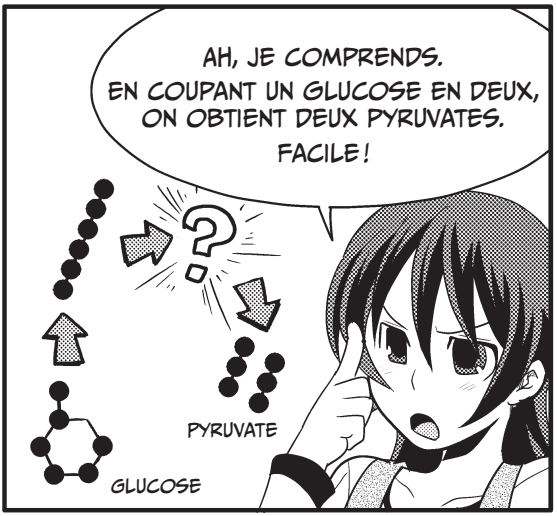


ÉTAPE 1 DÉCOMPOSITION DU GLUCOSE PAR GLYCOLYSE

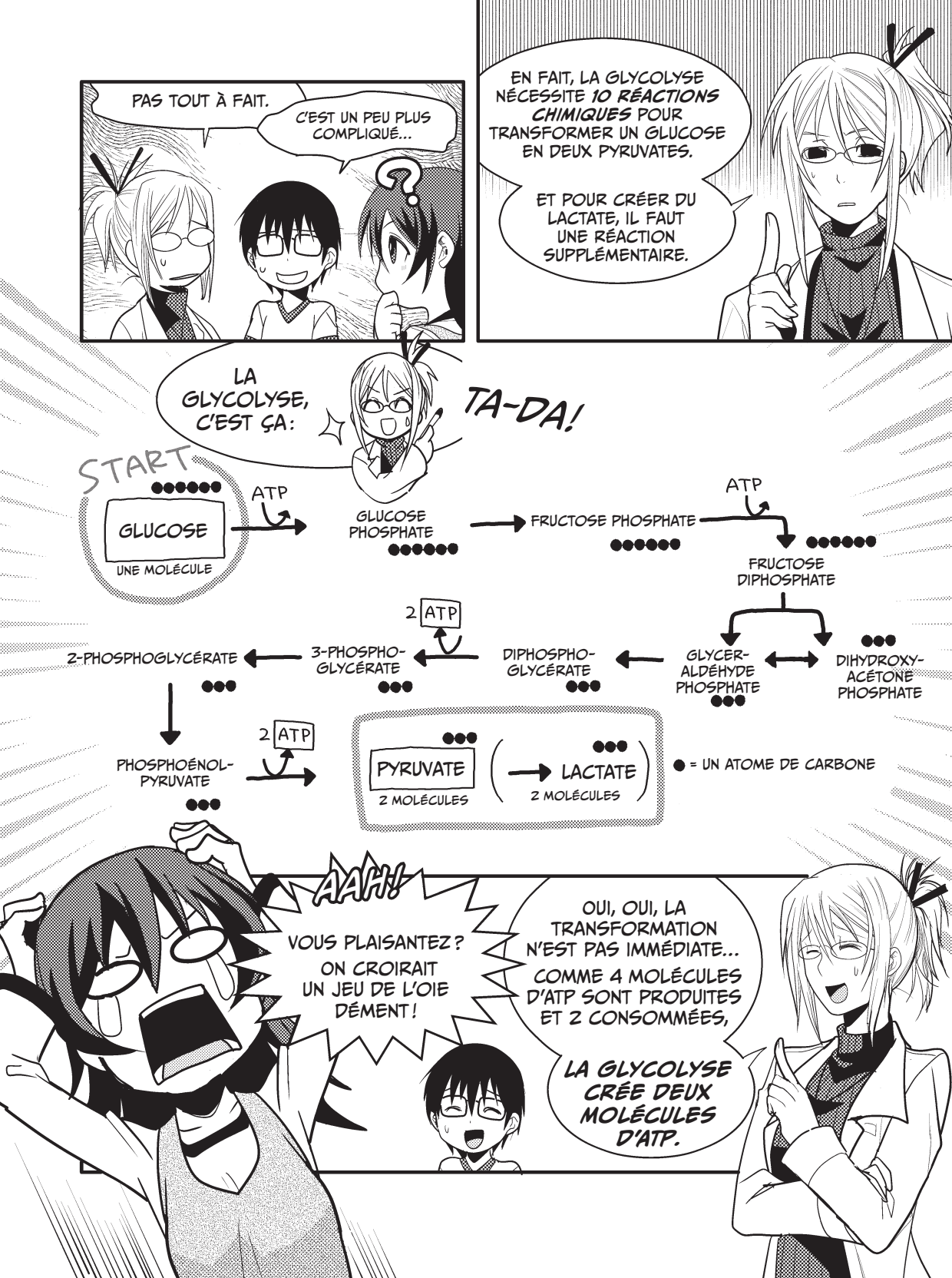


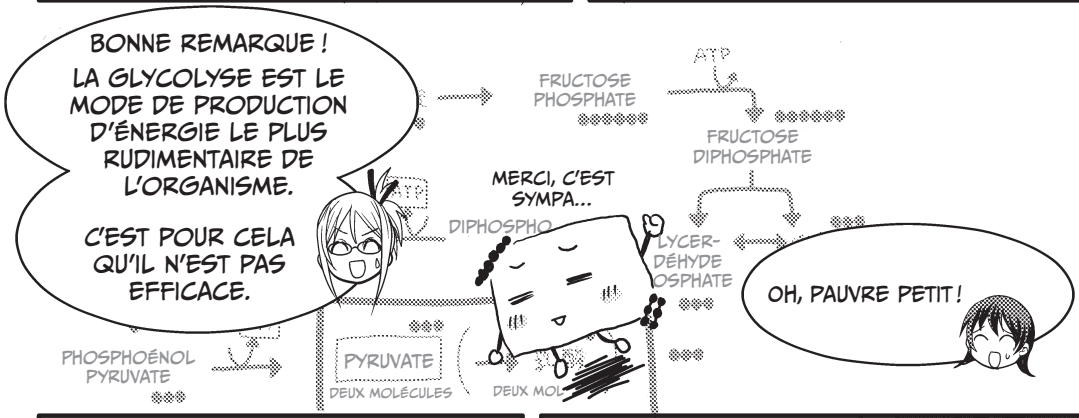


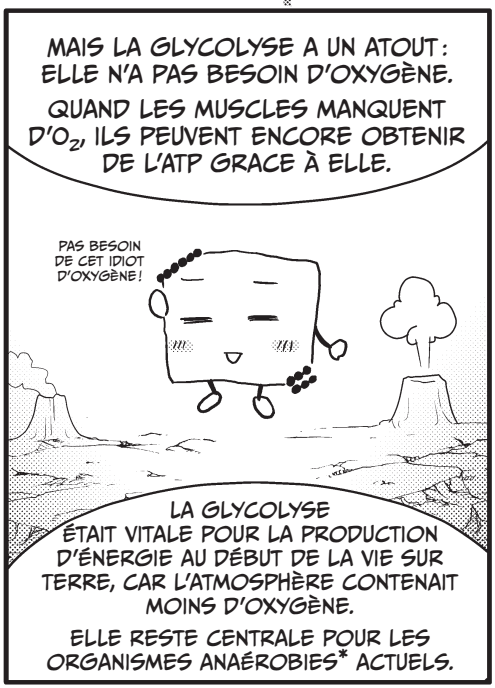


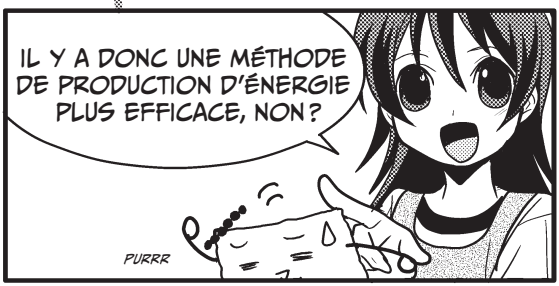


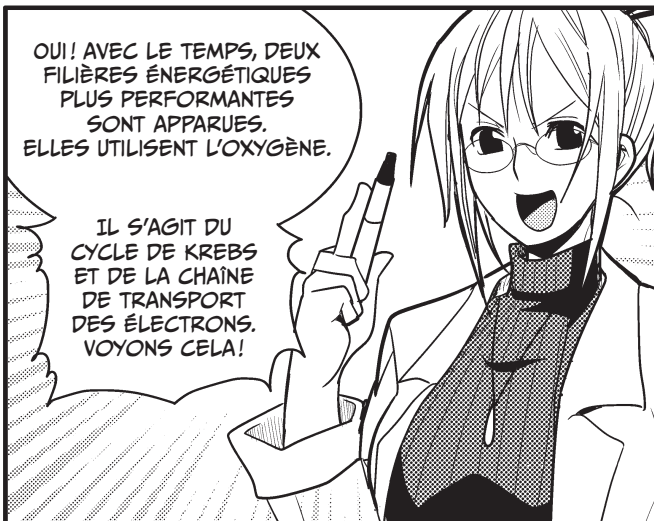
* Nous verrons que sans oxygène, le pyruvate est transformé en acide lactique (lactate) pour maintenir la glycolyse.


PAS TOUT À FAIT.
C'EST UN PEU PLUS COMPLIQUÉ...
EN FAIT, LA GLYCOLYSE NÉCESSITE *10 RÉACTIONS CHIMIQUES* POUR TRANSFORMER UN GLUCOSE EN DEUX PYRUVATES.
ET POUR CRÉER DU LACTATE, IL FAUT UNE RÉACTION SUPPLÉMENTAIRE.
LA GLYCOLYSE, C'EST ÇA :
TA-DA!
START
GLUCOSE
UNE MOLÉCULE
ATP
GLUCOSE PHOSPHATE
FRUCTOSE PHOSPHATE
ATP
FRUCTOSE DIPHOSPHATE
GLYCER-ALDÉHYDE PHOSPHATE
DIHYDROXY-ACÉTONE PHOSPHATE
DIPHOSPHO-GLYCÉRATE
2 ATP
3-PHOSPHO-GLYCÉRATE
2-PHOSPHOGLYCÉRATE
2 ATP
PHOSPHOÉNOL-PYRUVATE
PYRUVATE
2 MOLÉCULES
LACTATE
2 MOLÉCULES
● = UN ATOME DE CARBONE
AAH!
VOUS PLAISANTEZ ? ON CROIRAIT UN JEU DE L'OIE DÉMENT !
OUI, OUI, LA TRANSFORMATION N'EST PAS IMMÉDIATE... COMME 4 MOLÉCULES D'ATP SONT PRODUITES ET 2 CONSOMMÉES,
LA GLYCOLYSE CRÉE DEUX MOLÉCULES D'ATP.



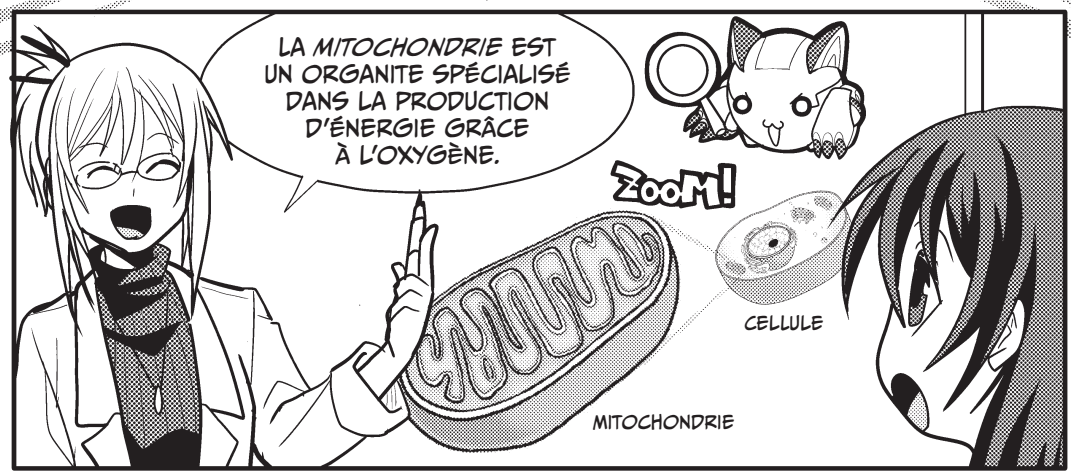


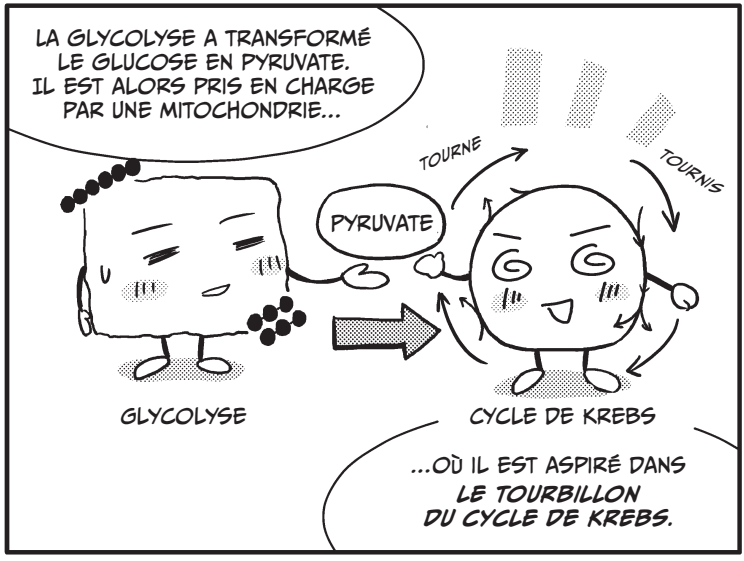




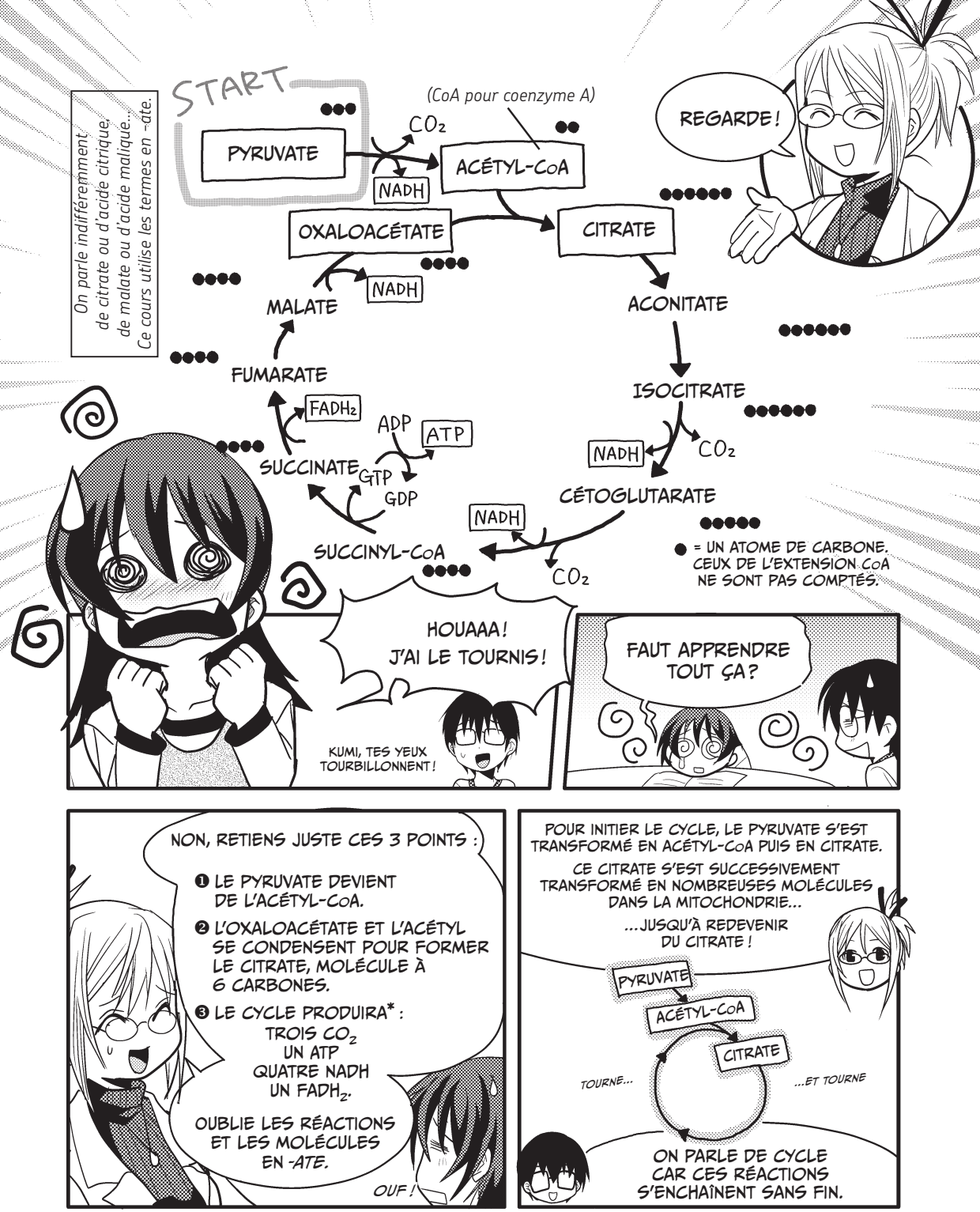
* Un organisme anaérobie n'utilise pas l'oxygène. Il s'agit des bactéries et des levures.

ÉTAPE 2 CYCLE DE KREBS (DE L'ACIDE CITRIQUE*)





* Krebs a découvert le cycle, qui est initié par une molécule d'acide citrique, d'où les deux appellations.



* Comme la glycolyse transforme un glucose en deux pyruvates, chaque molécule de glucose lance deux cycles de Krebs. Un glucose donnera donc deux ATP, huit NADH et deux $FADH_2$.

LE CYCLE DE KREBS NE SEMBLE PAS PLUS EFFICACE QUE LA GLYCOLYSE...
...PUISQUE LES DEUX NE GÉNÈRENT QUE 2 ATP. MAIS...
...LE CYCLE DE KREBS PRODUIT DES MOLÉCULES TRÈS INTÉRESSANTES : NADH ET FADH2 !
NADH
FADH2
AU FAIT...
DANS LA PHOTOSYNTHÈSE, ON TROUVE DU NADPH.
DANS LA RESPIRATION, C'EST DU NADH.
NOTÉ...
NADPH
NADH
CES MOLÉCULES VONT GÉNÉRER ÉNORMÉMENT D'ATP DANS LA CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS.
ATP
NADH
FADH2
CYCLE DE KREBS
CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS
DONC... NADH ET FADH2 CONTINUENT L'AVENTURE.
MAIS COMMENT VONT-ILS PRODUIRE AUTANT D'ATP ?
JE VAIS TE L'EXPLIQUER !

ÉTAPE 3 LA CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS DONNE PLEIN D'ATP

ON EN ARRIVE À LA CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS !

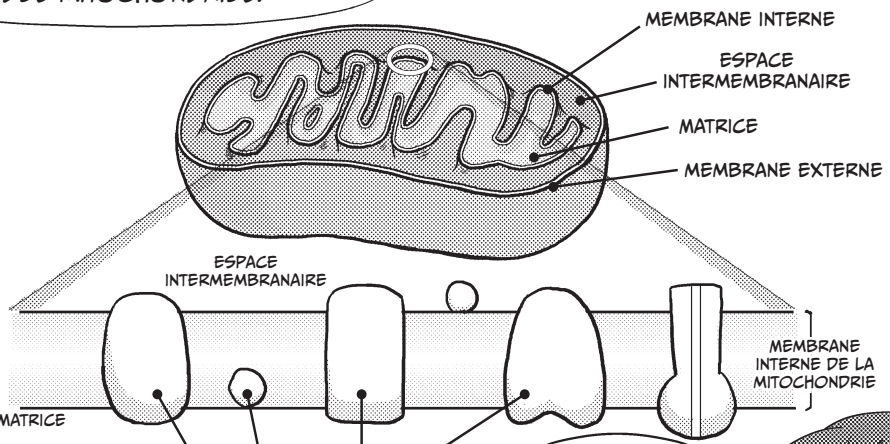
ENFIN !

JE SUIS LE MEILLEUR !

CETTE CHAÎNE DE TRANSPORT...

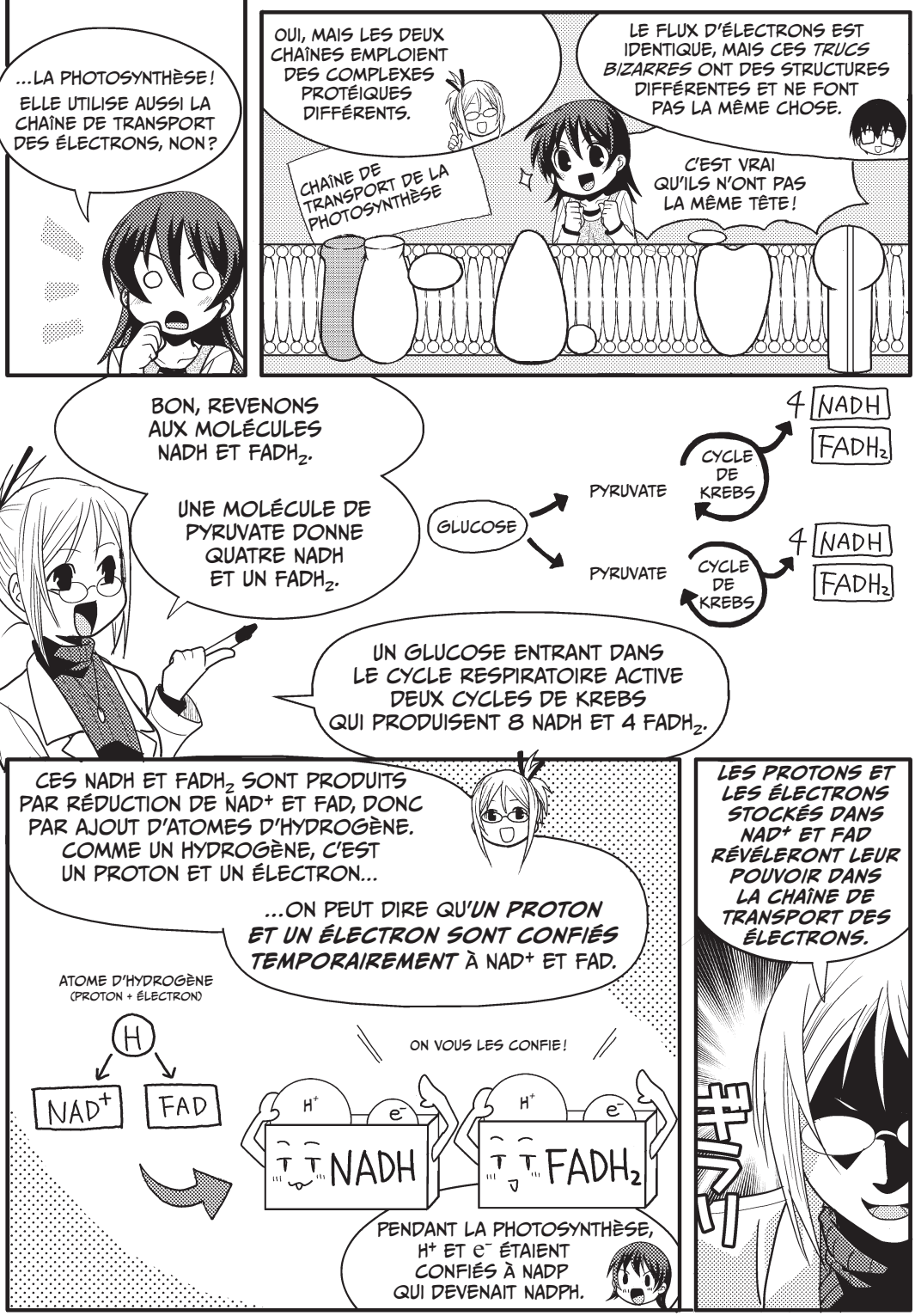
...EST UNE SUITE DE COMPLEXES PROTÉIQUES INTÉGRÉS À LA MEMBRANE INTERNE DES MITOCHONDRIES.

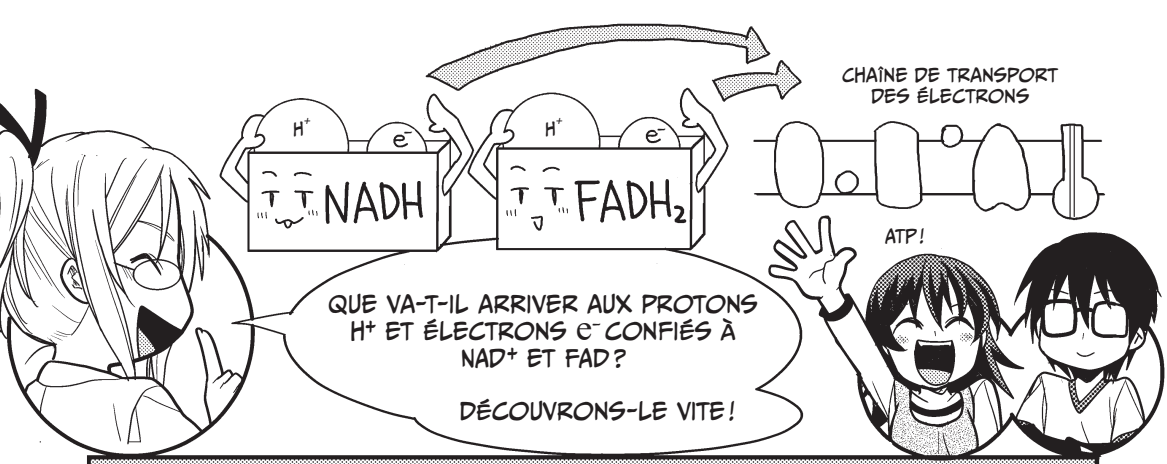
ZOOM !

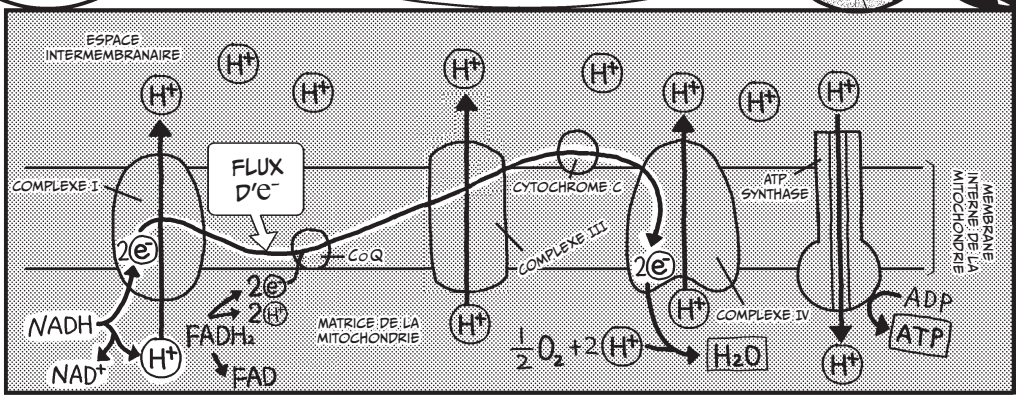


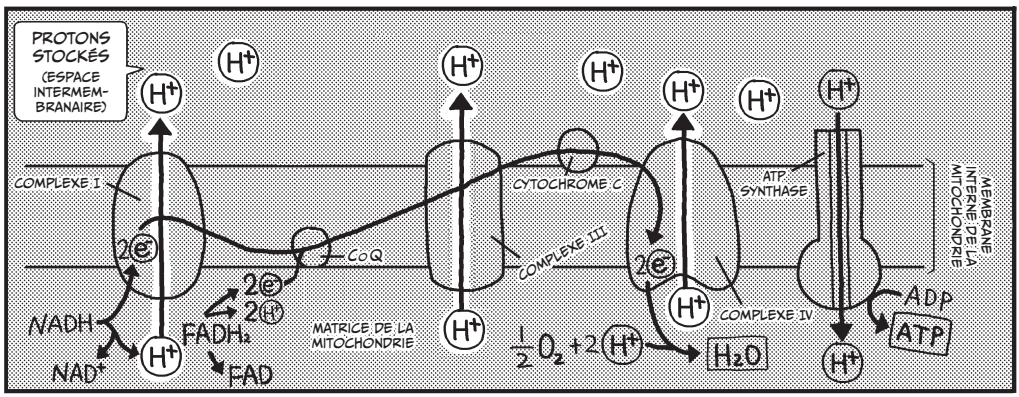
HMM... J'AI DÉJÀ VU ÇA...

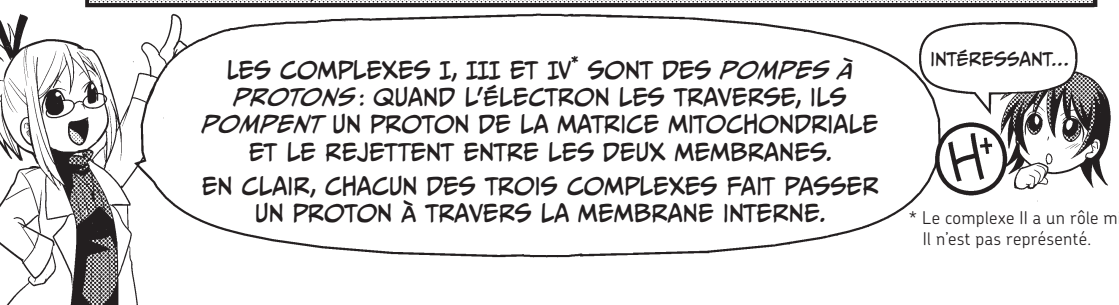
TOUTES CES PROTÉINES NE FORMENT QU'UNE SEULE CHAÎNE DE TRANSPORT.


...LA PHOTOSYNTHÈSE ! ELLE UTILISE AUSSI LA CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS, NON ?
OUI, MAIS LES DEUX CHAÎNES EMPLOIENT DES COMPLEXES PROTÉIQUES DIFFÉRENTS.
CHAÎNE DE TRANSPORT DE LA PHOTOSYNTHÈSE
LE FLUX D'ÉLECTRONS EST IDENTIQUE, MAIS CES TRUCS BIZARRES ONT DES STRUCTURES DIFFÉRENTES ET NE FONT PAS LA MÊME CHOSE.
C'EST VRAI QU'ILS N'ONT PAS LA MÊME TÊTE !
BON, REVENONS AUX MOLÉCULES NADH ET $FADH_2$.
UNE MOLÉCULE DE PYRUVATE DONNE QUATRE NADH ET UN $FADH_2$.
GLUCOSE
PYRUVATE
CYCLE DE KREBS
4 NADH
$FADH_2$
PYRUVATE
CYCLE DE KREBS
4 NADH
$FADH_2$
UN GLUCOSE ENTRANT DANS LE CYCLE RESPIRATOIRE ACTIVE DEUX CYCLES DE KREBS QUI PRODUISENT 8 NADH ET 4 $FADH_2$.
CES NADH ET $FADH_2$ SONT PRODUITS PAR RÉDUCTION DE NAD^+ ET FAD, DONC PAR AJOUT D'ATOMES D'HYDROGÈNE. COMME UN HYDROGÈNE, C'EST UN PROTON ET UN ÉLECTRON...
...ON PEUT DIRE QU'UN PROTON ET UN ÉLECTRON SONT CONFIÉS TEMPORAIREMENT À NAD^+ ET FAD.
ATOME D'HYDROGÈNE (PROTON + ÉLECTRON)
H
NAD^+
FAD
ON VOUS LES CONFIE !
H^+
e^-
NADH
H^+
e^-
$FADH_2$
PENDANT LA PHOTOSYNTHÈSE, H^+ ET e^- ÉTAIENT CONFIÉS À NADP QUI DEVENAIT NADPH.
LES PROTONS ET LES ÉLECTRONS STOCKÉS DANS NAD^+ ET FAD RÉVÉLERONT LEUR POUVOIR DANS LA CHAÎNE DE TRANSPORT DES ÉLECTRONS.





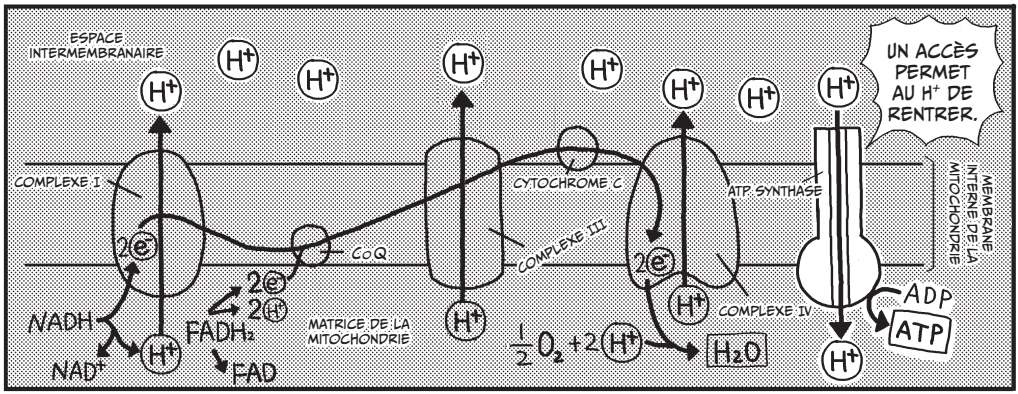




* Le complexe II a un rôle mineur. Il n'est pas représenté.

LES PROTONS S'ACCUMULENT DANS L'ESPACE INTERMEMBRANAIRE ET SE RARÉFIENT DANS LA MATRICE. LA DIFFÉRENCE DE CONCENTRATION CRÉE UNE FORCE QUI TEND À RAMENER LES PROTONS DANS LA MATRICE.

ON DIT QUE LA DIFFÉRENCE DE CONCENTRATION CRÉE UNE *PRESSION OSMOTIQUE*.



LE RETOUR DES PROTONS SE FAIT PAR DES « PORTES » SPÉCIFIQUES.

BON RETOUR, LES PROTONS !

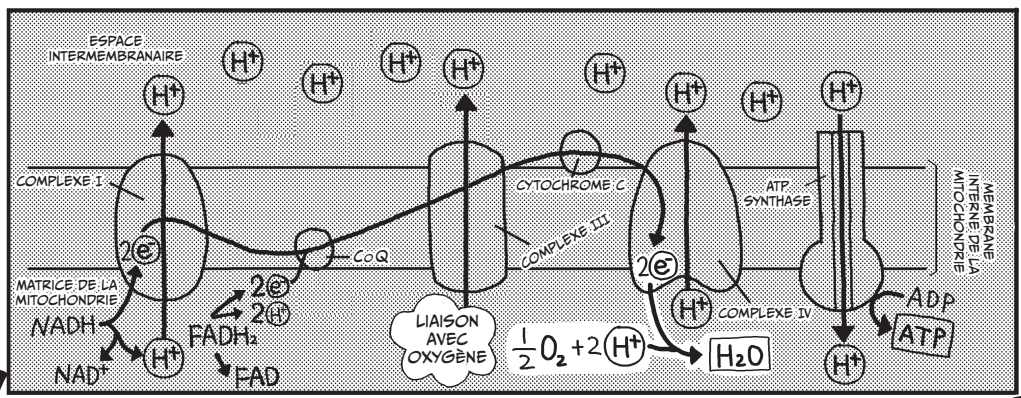
CE SONT DES MOLÉCULES D'*ATP SYNTHASE*. QUAND LES PROTONS LES TRAVERSENT, IL FOURNISSENT L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE POUR SYNTHÉTISER DE L'ATP.

ATP

UN GLUCOSE AVAIT DONNÉ 10 NADH, DONT 2 PAR GLYCOLYSE, ET 2 $FADH_2$. CES MOLÉCULES ONT PERMIS À LA CHAÎNE DE TRANSPORT DE PRODUIRE RESPECTIVEMENT 30 ET 4 ATP.

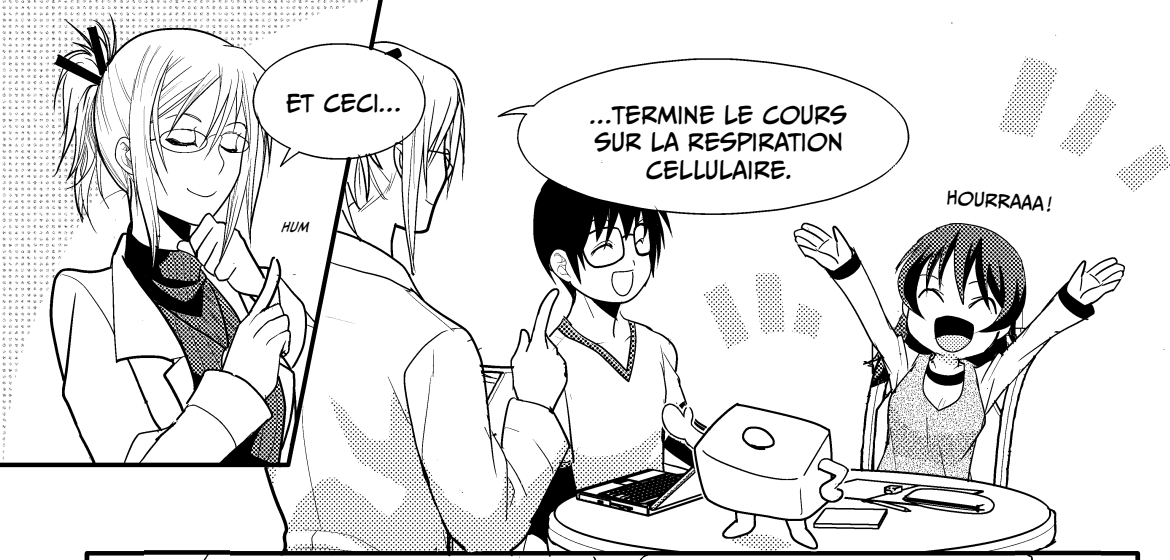
ATP

LA CHAÎNE DE TRANSPORT FOURNIT 3 ATP PAR NADH CAR LES TROIS COMPLEXES SONT PARCOURUS. LE $FADH_2$ NE PASSE QUE PAR DEUX D'ENTRE EUX, CE QUI EXPULSE 2 PROTONS DONC GÉNÈRE 2 ATP.



ENFIN, LES ÉLECTRONS ET DES PROTONS SE LIENT À L'OXYGÈNE POUR DONNER DE L'EAU. L'OXYGÈNE EST ***INDISPENSABLE*** ICI.

ON A UTILISÉ L'OXYGÈNE !



SOUVIENS-TOI QU'AU DÉBUT, NOUS T'AVIONS PRÉSENTÉ LA FORMULE CHIMIQUE RÉSUMANT LA RESPIRATION CELLULAIRE.

APRÈS AVOIR ÉTUDIÉ LES DÉTAILS, JE LA COMPRENDS, ELLE NE ME FAIT PLUS PEUR...

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \Rightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 38ATP$$

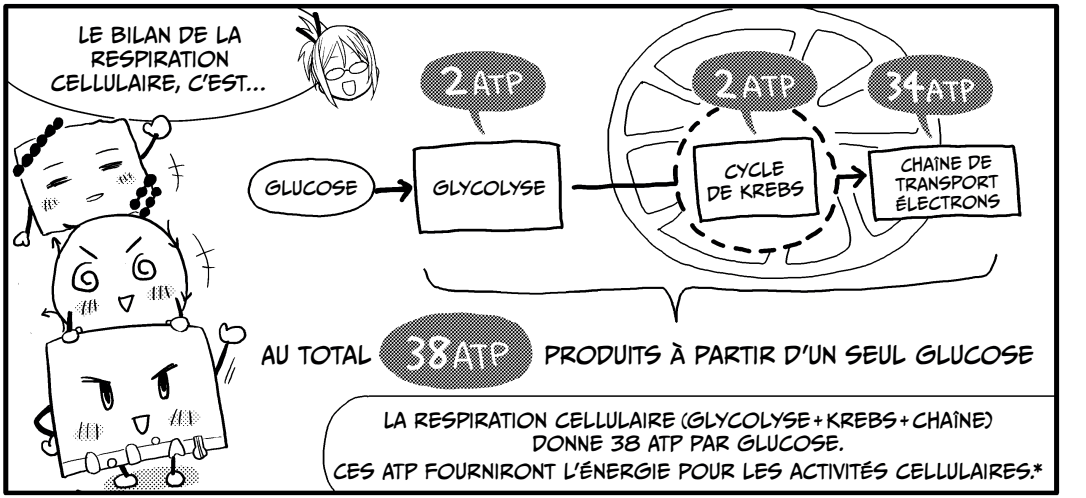
Glucose — Oxygène — Eau — Dioxyde de carbone — Eau — Énergie

SI TU REMPLACES LES ATP PAR DE L'ÉNERGIE LUMINEUSE ET QUE TU RENVERSES LA FLÈCHE, QU'EST-CE QUE TU OBTIENS?

WAOUH! L'ÉQUATION DE LA ***PHOTOSYNTHÈSE***!

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \Leftarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{ÉNERGIE LUMINEUSE}$$

Glucose — Oxygène — Eau — Dioxyde de carbone — Eau



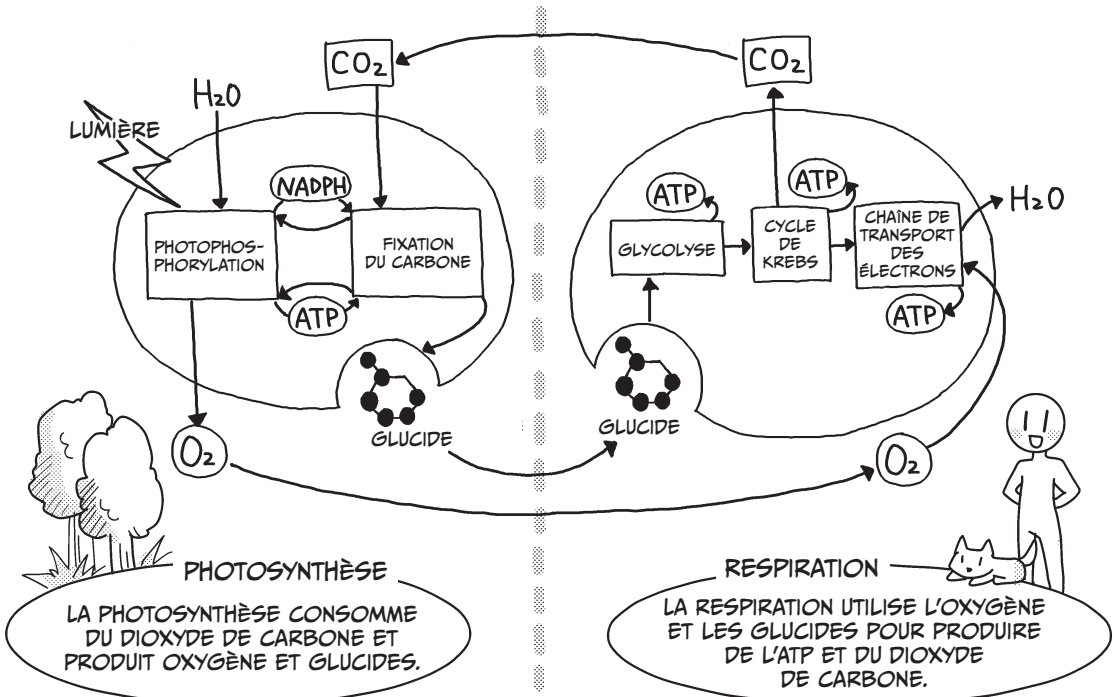
* Les 2 NADH produits par glycolyse dans le cytosol ne peuvent pas rentrer dans la mitochondrie. Ils cèdent leurs électrons à des molécules qui y pénètrent. Selon le type de cellule, les électrons seront transférés à 2 FAD^+ (donnant 2 $FADH_2$ donc 4 ATP dans la chaîne de transport) ou 2 NAD^+ (d'où 2 NADH donc 6 ATP). La respiration cellulaire produit donc 36 ou 38 ATP par glucose selon la cellule.

CONCLUSION

IL EST INTÉRESSANT DE COMPARER PHOTOSYNTHÈSE ET RESPIRATION CELLULAIRE.

GRIFFONNE

GRIBOUILLE



PHOTOSYNTHÈSE

LA PHOTOSYNTHÈSE CONSOMME DU DIOXYDE DE CARBONE ET PRODUIT OXYGÈNE ET GLUCIDES.

RESPIRATION

LA RESPIRATION UTILISE L'OXYGÈNE ET LES GLUCIDES POUR PRODUIRE DE L'ATP ET DU DIOXYDE DE CARBONE.

SI CES DEUX PROCESSUS LIÉS SONT ÉQUILIBRÉS, L'ÉCOSYSTÈME EST STABLE.

PHOTO-SYNTHÈSE

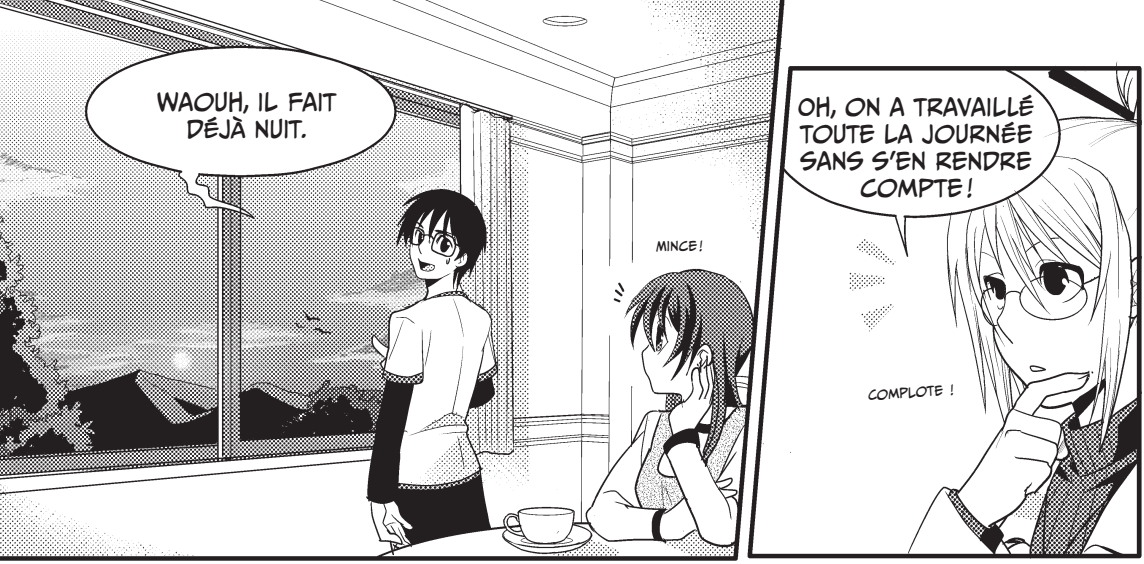
RESPI-RATION

SI ON ÉTUDIE L'ASPECT BIOCHIMIQUE DE LA DÉFORESTATION, SON DANGER SAUTE AUX YEUX!

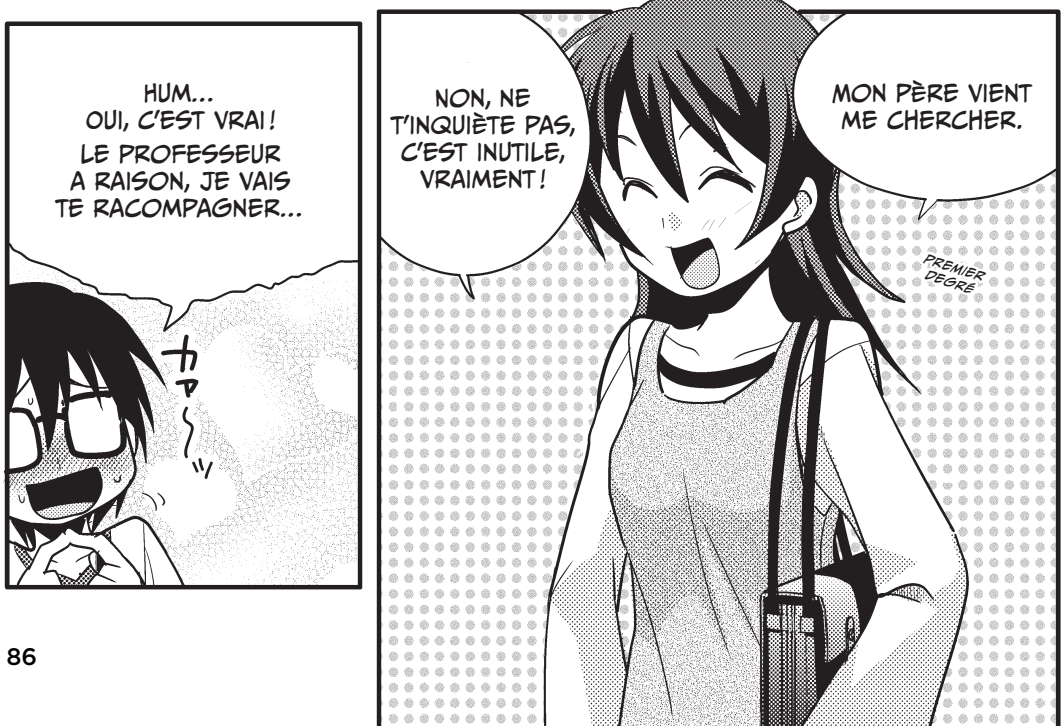
L'ÉQUILIBRE MONDIAL SERA DÉTRUIT...

...ET IL DEVIENDRA IMPOSSIBLE DE PRODUIRE CETTE DÉLICIEUSE NOURRITURE.

EH OUAIS

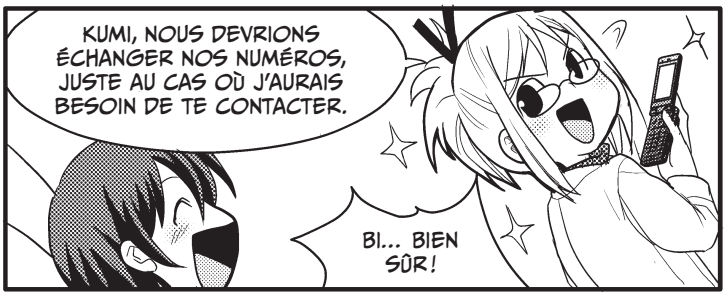

WAOUH, IL FAIT DÉJÀ NUIT.
MINCE !
OH, ON A TRAVAILLÉ TOUTE LA JOURNÉE SANS S'EN RENDRE COMPTE !
COMPLOTE !

C'EST DANGEREUX DE RENTRER SEUL LA NUIT...
NEMOTO, TU DEVRAIS LA RACCOMPAGNER. OK ? OK ! C'EST RÉGLÉ !
QUOIIII ?!


HUM... OUI, C'EST VRAI ! LE PROFESSEUR A RAISON, JE VAIS TE RACOMPAGNER...
カヮ～
NON, NE T'INQUIÈTE PAS, C'EST INUTILE, VRAIMENT !
MON PÈRE VIENT ME CHERCHER.
PREMIER DEGRÉ

OH ! NEMOTO, TU VEUX QU'ON TE RAMÈNE ?
NON, MERCI, ÇA IRA.
SI PRÈS DU BUT ! QUEL DOMMAGE...

JE DOIS TROUVER UN MOYEN DE LES FAIRE SORTIR ENSEMBLE...
AHA !
ぽん


KUMI, NOUS DEVRIONS ÉCHANGER NOS NUMÉROS, JUSTE AU CAS OÙ J'AURAIS BESOIN DE TE CONTACTER.
BI... BIEN SÛR !

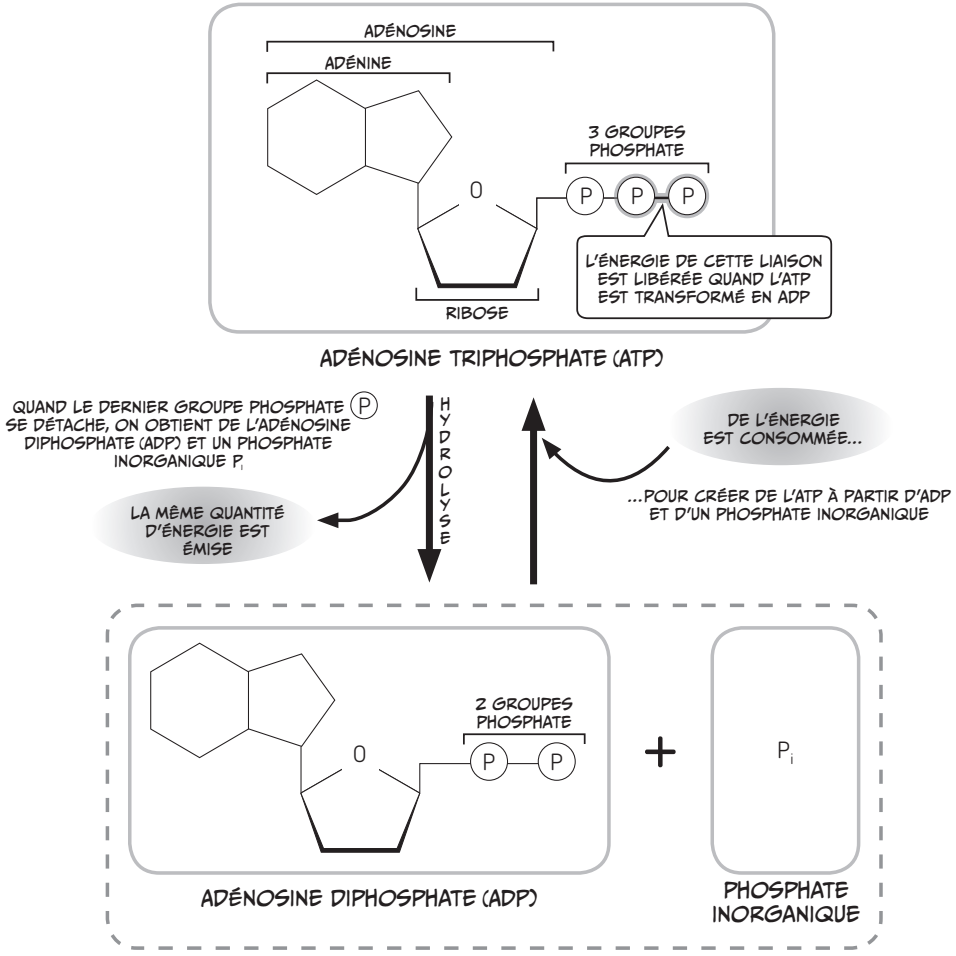
WAOUH, J'AI LE NUMÉRO DU PROFESSEUR KUROSAKA. INCROYABLE !
MERCI PROFESSEUR !
HÉ HÉ HÉ

4. ATP : la monnaie énergétique commune

Les plantes créent du glucose que la respiration cellulaire transforme en **A**dénosine **T**ri**P**hosphate (ATP). Les animaux dégradent les polysaccharides en glucose, qui subit le même sort.
Cette molécule est surnommée « monnaie énergétique commune » car tout ce qui vit (bactéries, plantes, animaux…) l'utilise pour stocker l'énergie.

Le dessin ci-dessous montre que l'ATP est constitué de trois groupes phosphate attachés à une adénosine. Quand le troisième phosphate est détaché sous forme de phosphate inorganique P_i, l'ATP devient de l'A**D**P (pour **D**iphosphate) et l'énergie emmagasinée est libérée. La transformation de 500 g d'ATP en ADP libère une énergie d'environ 7 kcal (30 kJ).

Si la réaction se produit dans un tube à essai, l'énergie est libérée sous forme de chaleur. Dans une cellule, elle est utilisée pour qu'une enzyme catalyse une réaction biochimique. Cela permet la contraction musculaire, la transmission d'un influx nerveux…

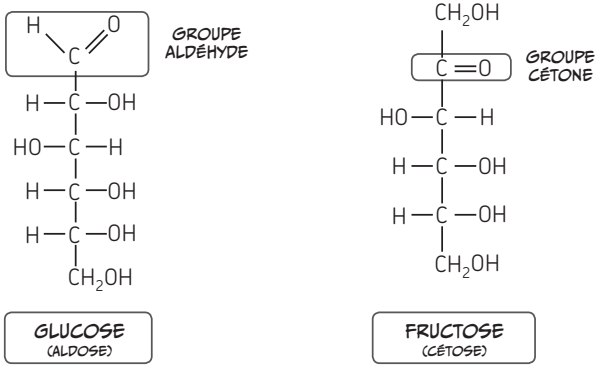


5. Les différents types de monosaccharides

Aldoses et cétoses

Nous avons vu que les glucides élémentaires (monosaccharides) comportent un groupe aldéhyde O=C-H sur leur premier carbone. On les appelle des **aldoses**. Le glucose et le galactose sont des aldoses.

En fait, il existe une autre famille de monosaccharides, les **cétoses**. Leur deuxième carbone forme un groupe cétone C=O. Le fructose est un cétose que nous étudierons dans le cours suivant.



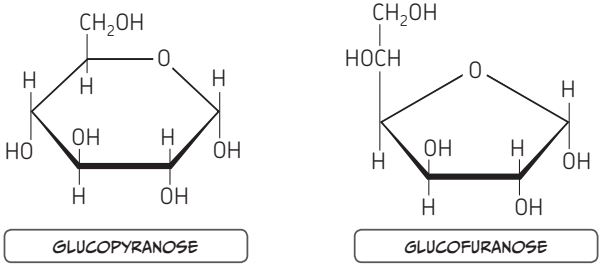
Pyranoses et furanoses

Nous avons appris que certains monosaccharides, comme le glucose, prenaient spontanément une forme cyclique ressemblant à un hexagone. Le cycle comporte cinq atomes de carbone et un oxygène. Ce sont des **pyranoses**.

En fait, les monosaccharides peuvent adopter une forme de pentagone, avec un atome d'oxygène mais seulement quatre carbones. Ce dont des **furanoses**.

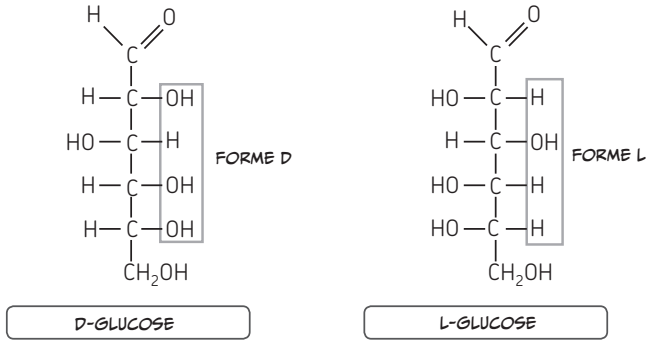
Le *glucopyranose* (glucose sous la forme de pyranose) est la forme cyclique du glucose la plus fréquente. On rencontre très rarement le *glucofuranose*, où le glucose forme un furanose.

De même, le fructose peut former un cycle pyranose (*fructopyranose*) ou furanose (*fructo-furanose*).

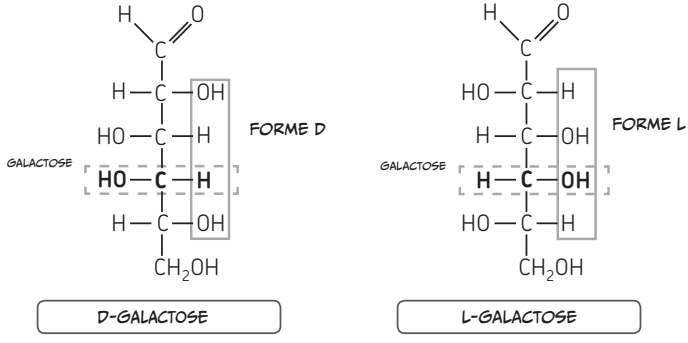


Forme D et forme L

En *chimie*, les monosaccharides existent sous les formes D et L.
En *biochimie*, donc dans les organismes vivants, les glucides élémentaires ne se présentent que sous la forme D. (On en ignore la raison.)
Tout se joue au niveau des carbones asymétriques*. Les formes D et L sont images l'une de l'autre dans un miroir : pour passer d'une forme à l'autre, il faut permuter les hydroxyles (OH) et les hydrogènes (H) sur *tous* les carbones asymétriques.
Voici l'exemple du glucose. Ses 4 carbones centraux sont asymétriques.



On change donc de forme (L ou D) en permutant les liaisons des 4 carbones asymétriques. Mais si on permute les liaisons de moins de 4 carbones, on obtient une autre molécule. Par exemple, si on permute OH et H sur le 4e carbone du glucose, on obtient du galactose.



Il y a 16 façons de positionner les H et OH sur les 4 carbones asymétriques. Cela donne huit molécules (chacune est présente sous les formes L et D) : glucose, galactose, mannose, allose, altrose, gulose, idose et talose. Seuls les 3 premiers glucides, sous forme D, sont naturellement présents en biochimie.

* Un atome de carbone est asymétrique si les quatre liaisons qu'il forme le relient à quatre substances différentes.

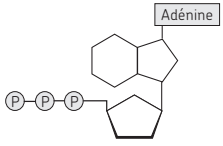
6. Qu'est-ce que le CoA ?

Le mystérieux CoA est intervenu deux fois dans ce chapitre :

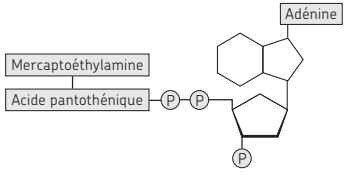
- La glycolyse a transformé le glucose en pyruvate, lui-même transformé en acétyl-CoA pour entrer dans le cycle de Krebs.
- Un des produits intermédiaires de ce cycle est le succinyl-CoA.

CoA est l'abréviation de ***Co****enzyme* ***A***. Une coenzyme est une molécule qui assiste une enzyme dans la catalyse d'une réaction biochimique, par exemple en se liant à elle.

Le CoA sert de transporteur de molécules, ici l'acétyl et le succinyl. Il est formé par la liaison d'une mercapto-éthylamine, d'un acide pantothénique (vitamine B_5), de deux groupes phosphate, et d'une adénosine liée à un groupe phosphate.

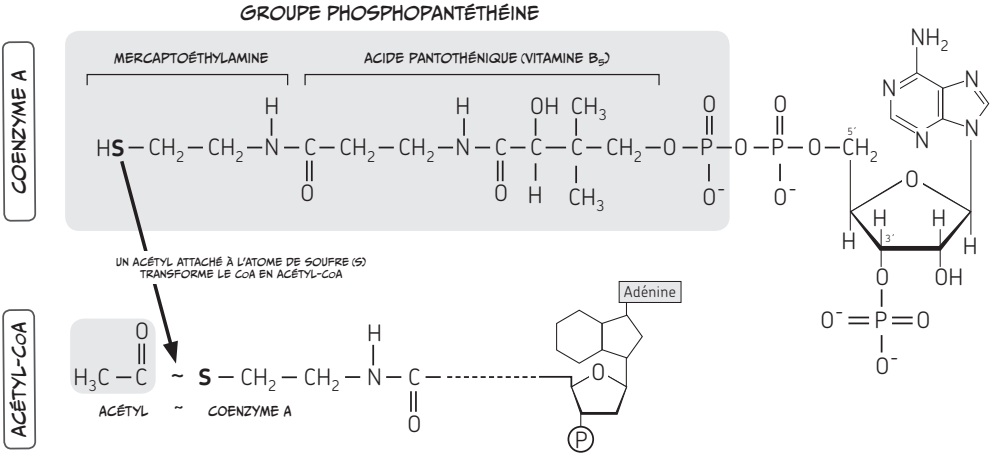


ATP



COENZYME A

Les représentations suivantes montrent le lien entre la coenzyme A et l'acétyl-CoA. Cette dernière est une molécule impressionnante !



Dans le chapitre suivant, nous verrons un autre transporteur, l'ACP (***A****cyl* ***C****arrier* ***P****rotein*, soit protéine porteuse d'acyl). L'ACP possède aussi un groupe phosphopantéthéine, lié cette fois à un acide aminé, la sérine.

Index

ABO (groupes sanguins) . 132, 175–177
accepteur d'hydrogène 60
acétyl-CoA ...78, 91, 121–123, 126–128
acide
  aminé 33–34, 51, 164–167
  gras 51, 101–102
  nucléique 224–236
  palmitique 122
adénosine .....(ADP) 88, (AMP) 213
  triphosphate (ATP) 28–29, 88, 112
ADN 23, 208–209, 224–225
  polymérase I 218
  recombinant 235–236
affinité des enzymes 187
alcool 26, 159
aldose 89
α-amylase 149–150, 168–169, 243
amidon 72, 138, 142
amphiphile 99
amylose / amylopectine 143–145
anticodon 230
appareil de Golgi 22–23
ARN 209, 220–223, 228–233
  ARNm, ARNr, ARNt 228–231
athérosclérose 109–110
ATP 28–29, 88, 112
autolyse 222
base (A, T, C, G, U) 212, 214–217
β-oxydation 125–126
biopolymère 42–43, 234
brin antisens 228
carbone 49–53, 63
catalyse biologique 181
cellule 20–43, 71, 119, 237
cellulose 138, 148
centrifugation 241
cétose 89
chaîne de transport des électrons ..58–61, 73, 80–84
chlorophylle 55–61
chloroplaste 38, 55
cholestérol 103–111
chromatographie 238–239
CoA 78, 91, 121–123, 126–128
cycle
  biogéochimique 46–53
  Krebs 77–79
cytoplasme 22
cytosol 22, 36
désoxyribose 213
diacylglycérol 98
dioxyde de carbone ...38, 52, 57, 63–65
EC (numéro) 172
écosystème 46–53
électrophorèse 239–240
énergie 44, 74–79, 80–84, 88, 112–116, 124–128, 182
enzyme 159, 168–173
  ADN polymérase 218–220
  allostérique 202
  catabolisme 44
  hydrolase 178–179
  inhibiteur 193–199
  lipoprotéine lipase 118
  mesure de la réaction 242–243
  transférase 175–177
épissage 229
eucaryote 233
exon 225, 233
fibres (diététique) 148
fructofuranose / fructopyranose 89
fructose 65, 67, 122
fruit 136–141
furanose 89
galactose 68
gène ...23, 208–209, 224–225, 229, 233
globine 167
glucide 54, 69
glucose 65, 67, 68
  décomposition par glycolyse 74–76
  production d'énergie 36
glucosyltransférase 175–177
glycémie 66, 69, 114
glycocalyx 131

glycogène 138
glycolipide 100
glycolyse 36, 73–76
glycosyltransférase 175
Golgi (appareil de) 22–23
graisse 112–116, 124–129
granum 55
groupe carboxyl 101
groupe phosphopantétique 91
HDL 107–111
hème 166
hémiacétal 69
hémoglobine 167
hydrolase 125, 178–179
hydrolyse 179
hydrophile / hydrophobe 22, 99
inhibition 199–205
insaturé 102
insuline 114
intron 225, 229, 233
invertase 139–140
Krebs (cycle) 73, 77–79, 121
lactose 67
LDL 107–111
lectine blot 240–241
leptine 115–116
liaison chimique 42, 102, 144–150, 161, 164, 179, 220
Lineweaver-Burk 192–196
lipide 97–105, 111
lipogénèse 35
lipoprotéine 109–111
lipase 118
lysosome 22–23
macrophage 109
métabolisme 44, 113, 237
Michaelis-Menten .. 186–187, 197–198, 202
mitochondrie 22–23, 37, 122
monosaccharide 68–69, 89–90, 137–138
NADH 60–61, 81
NADPH 60–61
néoglucogenèse 35–36
noyau 22–23, 210
nucléoside 211
nucléotide 215–223
obésité 112–116, 124–128
organelle 22
-ose 69
oxydation et réduction 43
oxygène 83, 222
pepsine 168
phagocyte 109
phosphate 211
phospholipide 22, 99, 101
phosphorylation 56–62
photosynthèse 55–65
photosystème I et II 61
polynucléotide 215–216
polysaccharide 137–138, 143
progestérone 104
protéase 210
protéine 24, 157–167
purine / pyrimidine 212
pyranose 89
pyruvate 74, 78
pyruvique (acide) 35–36
réducteur (oxydo-réduction) 43
réplication (ADN) 217–220
reproduction 237
respiration 69, 74–84
réticulum endoplasmique 22–23
ribosome 22–25, 33–34, 43
ribozyme 232–233
saccharide 31, 64, 89–90, 137–141
transformation en graisse 117–123
saccharose 65, 67–69
sang 132, 175–177
sous-unité 167
spliceosome 233
stéroïdes 103–104
structure des protéines 162–167
structure cyclique 67, 69, 147
substrat 43, 168–171
testostérone 104
thylakoïde 55, 58
thymus 234
transcription 228
transférase 175–177
unicellulaire 21
vitamine D 105
vitesse de réaction 123, 184
VLDL 119
western blot 239–240