Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

Lycée Valentine LABBÉ
41 rue Paul DOUMER – BP 20226
59563 LA MADELEINE CEDEX
CLASSE PRÉPARATOIRE TB
(Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 1. Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote
>> Cours <<

Chapitre 3 : proposition de fiche de révision à compléter

La synthèse des constituants moléculaires par les cellules eucaryotes

Objectifs : extraits du programme

Connaissances clefs à construire	Commentaires, capacités exigibles
1.3 Les biosynthèses au sein des cellules eucaryotes	Cette partie vise à montrer que la cellule est une machine thermodynamique qui transforme de la matière. La cellule synthétise ses propres constituants moléculaires soit à partir d'autres constituants organiques servant de matière première, soit à partir de matière minérale pour certaines cellules photo ou chimiosynthétiques. Ces biosynthèses sont d'abord placées dans un contexte général montrant la diversité des synthèses, l'intervention d'enzymes, la nécessité d'énergie et de matière. La localisation des grandes voies de synthèse au sein d'une cellule eucaryote est présentée. *Pour les mécanismes précis, l'étude de l'anabolisme s'appuie sur la synthèse des protéines, présentée en tant que processus de polymérisation d'acides aminés (**chapitre 4**).*
1.3.1 Les cellules eucaryotes synthétisent leurs constituants moléculaires La cellule possède des constituants moléculaires complexes (acides nucléiques, lipides, protéines, polymères glucidiques), de durée de vie variable, et qui sont l'objet d'un renouvellement.	- localiser les principaux constituants moléculaires des cellules eucaryotes et de leur matrice. - relier la durée de vie des biomolécules aux processus de synthèse et de dégradation au sein des cellules. **Limite** : L'existence de systèmes de dégradation tels que le protéasome au sein des cellules est mentionné mais leur fonctionnement n'est pas au programme.
L'ensemble des biosynthèses réalisées par une cellule est spécifique en liaison avec sa différenciation et sa fonction spécialisées dans l'organisme.	- présenter une biosynthèse liée à la mise en réserve. - relier le type de synthèse à la fonction des constituants moléculaires au sein des cellules.
Pour ce qui est du contrôle, les biosynthèses de la cellule sont soit constitutives, soit contrôlées.	- présenter un exemple de voie de synthèse contrôlé[e].
Toute synthèse requiert de l'énergie, de la matière et un catalyseur.	- montrer qu'une liaison entre deux constituants requiert un apport d'énergie chimique sous la forme d'un couplage chimio-chimique. **Lien** : La spécificité de réaction des enzymes est évoquée en lien avec l'enseignement de **biotechnologies** (2.1.1).

Introduction

Système thermodynamique ouvert :
*Cas des **cellules** (et des **organismes**)*

*Évolution **loin de l'équilibre** ; **stabilité** implique **dépense constante d'énergie dissipée** dans l'environnement ⇒ **systèmes biologiques** = **dissipatifs***

Métabolisme :
- anabolisme :
- catabolisme :

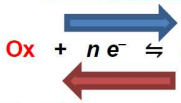
***Turn-over* moléculaire = renouvellement régulier des constituants moléculaires d'une cellule et/ou d'un être vivant.**

Réactions biochimiques → catalysées par des **enzymes** (ou des **ribosomes**)

Comment les cellules produisent-elles et renouvellent-elles leurs constituants moléculaires ?

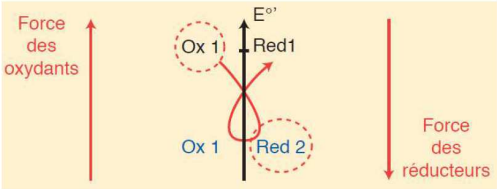
Encadré A Quelques rappels sur l'oxydoréduction

***Réduction* = *gain* d'électrons (plutôt *endergonique*)**



Ox + n e⁻ ⇌ Red

***Oxydation* = *perte* d'électrons (plutôt *exergonique*)**



I. Les cellules eucaryotes, des structures composées de constituants biochimiques complexes, à localisation particulière et renouvelés

Capacités exigibles	✓ **Localiser** les principaux constituants moléculaires des cellules eucaryotes et de leur matrice. ✓ **Relier** la durée de vie des biomolécules aux processus de synthèse et de dégradation au sein des cellules. ✓ **Montrer** qu'une liaison entre deux constituants requiert un apport d'énergie chimique sous la forme d'un couplage chimio-chimique.

A. Les cellules eucaryotes, des entités compartimentées aux constituants variés et localisables

1. Une localisation des principaux constituants

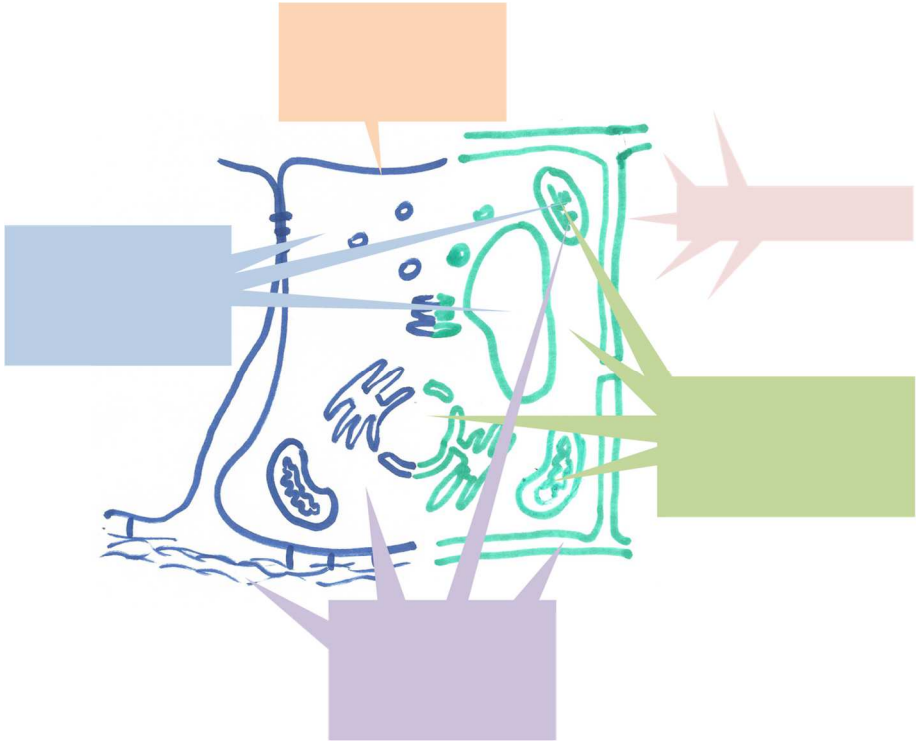
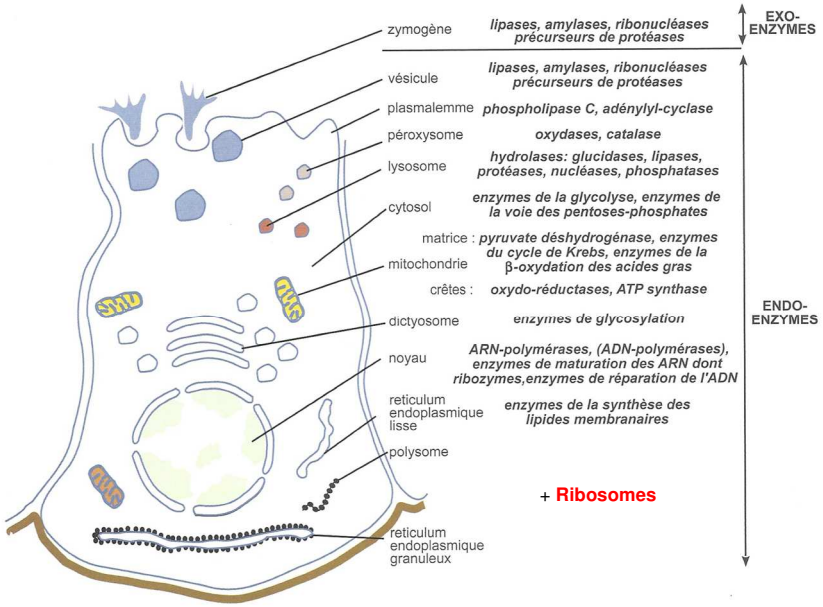


FIGURE 1. Localisation principale des constituants cellulaires majeurs dans une cellule eucaryote. *Original*

On a représenté caricaturalement une cellule animale à gauche et une cellule végétale à droite. Nombre de détails n'ont pas été schématisés, dont certains organites comme le REL.

2. Une compartimentation induisant la spécificité de la composition et de la fonction des volumes cellulaires



Répartition des principales enzymes dans une cellule animale de type exocrine.

FIGURE 2. Les enzymes de la cellule acineuse pancréatique [*pour illustration*].
*Il convient de ne pas oublier les **ribosomes** situés dans le **cytosol** (même si ce ne sont pas des enzymes mais des complexes ribonucléoprotéiques).*
D'après PEYCRU *et al.* (2013)

Compartiment cellulaire :

B. Les cellules eucaryotes, des entités dont les constituants ont une durée de vie limitée et sont renouvelés par des biosynthèses

1. Des constituants complexes et altérables, à durée de vie limitée

a. Une durée de vie limitée des composés biochimiques

Demi-vie :

b. Une altération spontanée ou due à des mécanismes de dégradation enzymatique

Voies d'altération :
- « spontanée » :
> environnement
> instabilité réactionnelle ou structurale
- enzymatique.

Dégradation d'une protéine par protéasome est un énorme ont la forme rappelle celle :tion est de découper les protéines inutiles qui se trouvent dans la cellule. Dans la plupart des cas, il attaque les protéines marquées de courtes chaînes d'ubiquitine (une petite protéine). ❶ Des enzymes du cytosol ajoutent des molécules d'ubiquitine à une protéine. (On ignore comment celle-ci est choisie.) ❷ Un protéasome reconnaît la protéine ainsi marquée ; il la déploie et l'enfouit dans sa cavité centrale. ❸ Les enzymes du protéasome découpent la protéine en de petits peptides pouvant être dégradés ultérieurement par les enzymes du cytosol. Les étapes 1 et 3 nécessitent la présence d'ATP. Les protéasomes des cellules eucaryotes sont aussi massifs que les sous-unités ribosomiques et ils sont dispersés dans l'ensemble de la cellule.

FIGURE 3. Le fonctionnement du protéasome. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

2. Un *turn-over* moléculaire entretenu par des biosynthèses (constituant l'anabolisme)

a. Le *turn-over*, des réactions anaboliques de renouvellement des constituants cellulaires

b. Un processus qui prend appui sur la spécialisation et la coopération des compartiments cellulaires

- Cytosol :

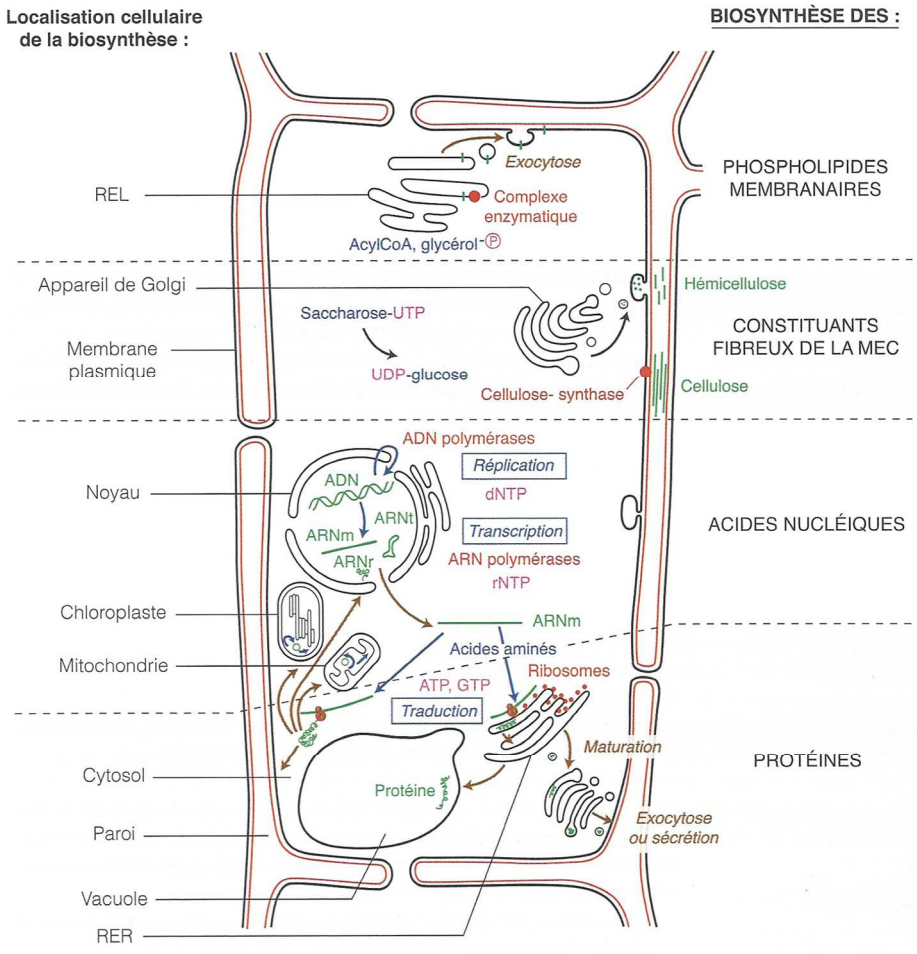
- REG, appareil de GOLGI :

- REL :

- Noyau :

- Chloroplaste :

- Membrane plasmique :



En rouge : les principales enzymes impliquées dans la biosynthèse ; en rose : le coût énergétique ; flèches brunes : acheminement des molécules vers leur localisation fonctionnelle ; flèches bleues : réplication, transcription et traduction.
RER : réticulum endoplasmique rugueux ; REL : réticulum endoplasmique lisse.
dNTP : désoxyribonucléotides tri-phosphate.
rNTP : ribonucléotides tri-phosphate.

FIGURE 4. Localisation de quelques réactions de synthèse dans une cellule végétale. D'après SEGARRA *et al.* (2014)

Notez que les synthèses glucidiques (et notamment le rôle de la photosynthèse) ne sont pas représentées.

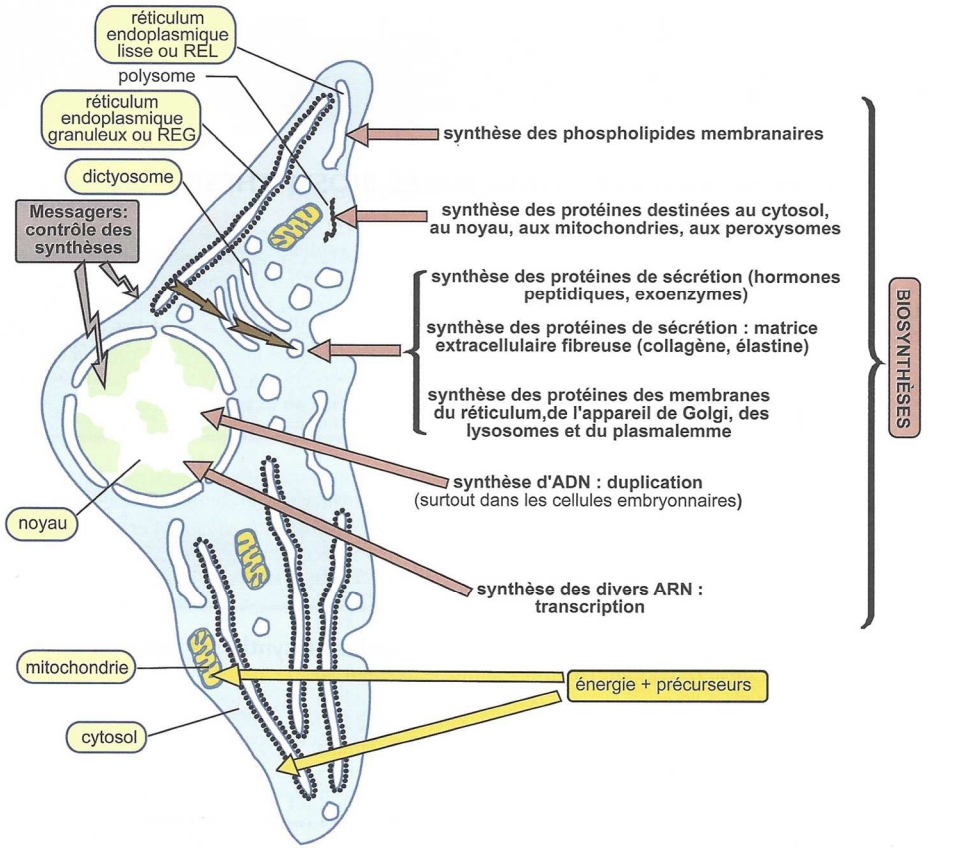


FIGURE 5. Localisation de quelques réactions de synthèse dans une cellule animale : exemple d'un fibroblaste. D'après SEGARRA *et al.* (2014)

c. Un processus requérant de la matière, de l'énergie, un catalyseur et de l'information

d. Un processus endergonique dont l'énergie est fournie par un couplage à un travail exergonique (notion de couplage énergétique)

Couplage énergétique :

FIGURE 6. Le principe d'un couplage énergétique. *Schéma original.*
(!) Bilan toujours exergonique (!)

C. Les cellules eucaryotes, des systèmes ouverts qui utilisent de la matière et de l'énergie provenant de l'environnement

1. Les cellules, des systèmes thermodynamiques ouverts

FIGURE 8. Les cellules, des systèmes thermodynamiques ouverts (= qui échangent de la matière et de l'énergie avec leur environnement).

2. L'environnement, un ensemble de ressources… pas forcément biodisponibles

Ressource :

Ressources biodisponibles :

3. Les grands types métaboliques : autotrophie et hétérotrophie

Autotrophe = lithotrophe :

Hétérotrophe = organotrophe :

TABLEAU I. Les principaux types métaboliques. D'après BREUIL (2007).
Ont été encadrés les types métaboliques caractérisant les eucaryotes.

Source d'énergie \ Source de matière	Minérale	Organique
Lumineuse	**Photolithotrophes** (végétaux et bactéries photosynthétiques)	**Photo-organotrophes** (quelques bactéries)
Chimique	**Chimiolithotrophes** (bactéries chimiosynthétiques)	**Chimio-organotrophes** (animaux, certaines bactéries, certains végétaux, mycètes)
	Autotrophes au carbone	**Hétérotrophes au carbone**

Ces **types métaboliques** sont pour ainsi dire **tous représentés chez les Eubactéries et les Archées** : ils sont illustrés en **Biotechnologies**.
On traitera dans le chapitre 5 (Dynamiques métaboliques des cellules eucaryotes) des **principales voies métaboliques**.

Bilan (adapté du programme)

- ✓ La **cellule** est une **machine thermodynamique** qui **transforme** de la **matière**. La cellule **synthétise** ses **propres constituants moléculaires** soit à partir d'**autres constituants organiques** servant de matière première, soit à partir de **matière minérale** pour certaines **cellules photo-** ou **chimiosynthétiques**. On peut relever la **diversité des synthèses**, l'intervention d'**enzymes**, la **nécessité d'énergie** et de **matière**. La **localisation** des **grandes voies de synthèse** au sein d'une **cellule eucaryote** a été présentée.
- ✓ La **cellule** possède des **constituants moléculaires complexes** (**acides nucléiques**, **lipides**, **protéines**, **polymères glucidiques**), de **durée de vie variable**, et qui sont l'objet d'un **renouvellement** (***turn-over* moléculaire**).
- ✓ Toute synthèse requiert de l'**énergie**, de la **matière** et un **catalyseur**.

II. Les cellules eucaryotes, des structures spécialisées réalisant des réactions chimiques constitutives ou contrôlées

Capacités exigibles	✓ **Présenter** une biosynthèse liée à la mise en réserve. ✓ **Relier** le type de synthèse à la fonction des constituants moléculaires au sein des cellules. ✓ **Présenter** un exemple de voie de synthèse contrôlée.

A. Les biosynthèses, des voies métaboliques ayant lieu dans une cellule différenciée

1. Notion de voie métabolique

Voie métabolique :

2. Les biosynthèses, des voies métaboliques plus ou moins liées à la spécialisation des cellules et notamment leur appareillage enzymatique

Voies métaboliques **ubiquistes** (ex. transcription, traduction…) ou **spécialisées** (ex. synthèse de glycogène)

3. Un exemple de biosynthèse d'une molécule de réserve : la glycogénogenèse

a. Le glycogène, un polymère de glucoses (liés en α 1-4, ramifiés en α 1-6) à fonction de réserve

Glycogène :

→ Granules en rosette dans le cytosol

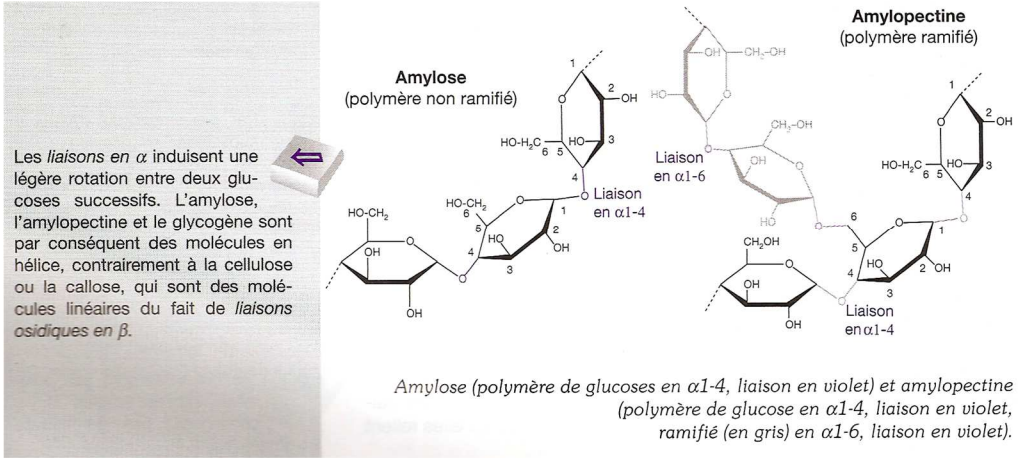
RSF en lien avec le stockage :

-

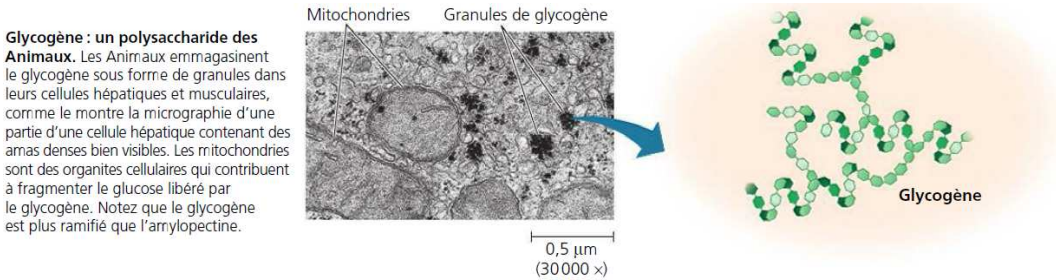
-

-

-



Structure moléculaire de l'amidon (pour rappels) (et du glycogène)
D'après DENŒUD *et al.* (2013).



Structure tridimensionnelle et localisation cellulaire de l'amidon et du glycogène
D'après CAMPBELL *et al.* (2012).

FIGURE 9. Le glycogène, un polymère glucidique de réserve.

b. Localisation du glycogène chez les Mammifères : le cytosol des hépatocytes (foie) et des cellules musculaires (muscles)

c. Production de glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires : la glycogénogenèse

Glycogénogénèse :

⮝ FIGURES 10-11. **Biosynthèse du glycogène : glycogénogenèse**.

B. Les biosynthèses, des voies métaboliques constitutives ou contrôlées

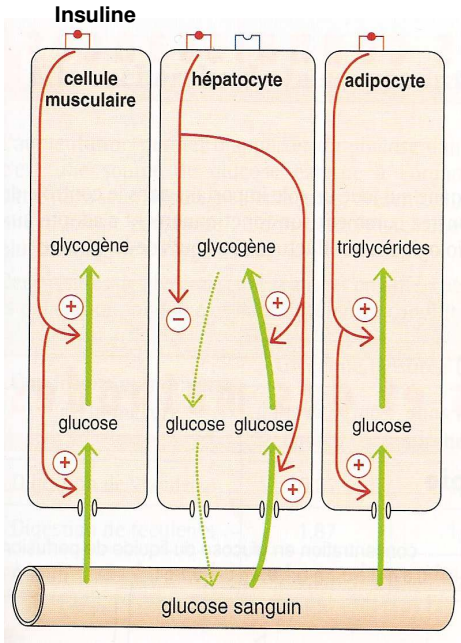
1. Notion de biosynthèses constitutive ou contrôlée

- constitutif =

- contrôlé =

2. L'exemple du contrôle insulinique de la glycogénogenèse

Insuline :
Glycémie :



⮝ FIGURE 13. **Actions de l'insuline sur les cellules effectrices de la régulation de la glycémie**.
D'après LIZEAUX, BAUDE *et al.* (2007).
Gros traits verts : voies activées. Traits pointillés : voies inactivées.
J'ai laissé les adipocytes pour le décorum ☺

Bilan (adapté du programme)	✓ L'ensemble des **biosynthèses** réalisées par une **cellule** est **spécifique** en liaison avec sa **différenciation** et sa **fonction spécialisée** dans l'organisme. ✓ Pour ce qui est du **contrôle**, les **biosynthèses** de la cellule sont soit **constitutives**, soit **contrôlées**.

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUJARD, D. (dir). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES.* 2e édition (1e édition 2012), Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CALLEN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1re année.* Vuibert, Paris.

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI, B. DUCLOS & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES.* Dunod, Paris.

LIZEAUX, C., D. BAUDE (dir.), V. AUDEBERT, C. BRUNET, G. GUTJAHR, Y. JUSSERAND, A. MATHEVET, P. PILLOT, S. RABOUIN & A. VAREILLE (2007). *SVT Sciences de la Vie et de la Terre Première S.* Bordas, Paris.

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales.* Maloine, Paris, 2e édition (1e édition 2004).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN, Y. KRAUSS, I. MOLLIÈRE & H. CLAUCE (2017). *Mémento Biologie BCPST 1re et 2e années.* Vuibert, Paris.

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

Plan du chapitre

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Les cellules eucaryotes, des structures composées de constituants biochimiques complexes, à localisation particulière et renouvelés 3
A. Les cellules eucaryotes, des entités compartimentées aux constituants variés et localisables 3
1. Une localisation des principaux constituants 3
2. Une compartimentation induisant la spécificité de la composition et de la fonction des volumes cellulaires 3
B. Les cellules eucaryotes, des entités dont les constituants ont une durée de vie limitée et sont renouvelés par des biosynthèses 4
1. Des constituants complexes et altérables, à durée de vie limitée 4
a. Une durée de vie limitée des composés biochimiques 4
b. Une altération spontanée ou due à des mécanismes de dégradation enzymatique 4
2. Un *turn-over* moléculaire entretenu par des biosynthèses (constituant l'anabolisme) 4
a. Le *turn-over*, des réactions anaboliques de renouvellement des constituants cellulaires 4
b. Un processus qui prend appui sur la spécialisation et la coopération des compartiments cellulaires 4
c. Un processus requérant de la matière, de l'énergie, un catalyseur et de l'information 5
d. Un processus endergonique dont l'énergie est fournie par un couplage à un travail exergonique (notion de couplage énergétique) 6
C. Les cellules eucaryotes, des systèmes ouverts qui utilisent de la matière et de l'énergie provenant de l'environnement 7
1. Les cellules, des systèmes thermodynamiques ouverts 7
2. L'environnement, un ensemble de ressources… pas forcément biodisponibles 7
3. Les grands types métaboliques : autotrophie et hétérotrophie 7

II. Les cellules eucaryotes, des structures spécialisées réalisant des réactions chimiques constitutives ou contrôlées 8
A. Les biosynthèses, des voies métaboliques ayant lieu dans une cellule différenciée 8
1. Notion de voie métabolique 8
2. Les biosynthèses, des voies métaboliques plus ou moins liées à la spécialisation des cellules et notamment leur appareillage enzymatique 8
3. Un exemple de biosynthèse d'une molécule de réserve : la glycogénogenèse 8
a. Le glycogène, un polymère de glucoses (liés en α 1-4, ramifiés en α 1-6) à fonction de réserve 8
b. Localisation du glycogène chez les Mammifères : le cytosol des hépatocytes (foie) et des cellules musculaires (muscles) 9
c. Production de glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires : la glycogénogenèse 9
B. Les biosynthèses, des voies métaboliques constitutives ou contrôlées 10
1. Notion de biosynthèses constitutive ou contrôlée 10
2. L'exemple du contrôle insulinique de la glycogénogenèse 10

Références 11
Plan du chapitre 12
Plan simplifié du chapitre 12
Plan très simplifié du chapitre 13

Plan simplifié du chapitre

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Les cellules eucaryotes, des structures composées de constituants biochimiques complexes, à localisation particulière et renouvelés 3
A. Les cellules eucaryotes, des entités compartimentées aux constituants variés et localisables 3
1. Une localisation des principaux constituants 3
2. Une compartimentation induisant la spécificité de la composition et de la fonction des volumes cellulaires 3
B. Les cellules eucaryotes, des entités dont les constituants ont une durée de vie limitée et sont renouvelés par des biosynthèses 4
1. Des constituants complexes et altérables, à durée de vie limitée 4
2. Un *turn-over* moléculaire entretenu par des biosynthèses (constituant l'anabolisme) 4
C. Les cellules eucaryotes, des systèmes ouverts qui utilisent de la matière et de l'énergie provenant de l'environnement 7
1. Les cellules, des systèmes thermodynamiques ouverts 7
2. L'environnement, un ensemble de ressources… pas forcément biodisponibles 7
3. Les grands types métaboliques : autotrophie et hétérotrophie 7

II. Les cellules eucaryotes, des structures spécialisées réalisant des réactions chimiques constitutives ou contrôlées 8
A. Les biosynthèses, des voies métaboliques ayant lieu dans une cellule différenciée 8
1. Notion de voie métabolique 8
2. Les biosynthèses, des voies métaboliques plus ou moins liées à la spécialisation des cellules et notamment leur appareillage enzymatique 8
3. Un exemple de biosynthèse d'une molécule de réserve : la glycogénogenèse 8
B. Les biosynthèses, des voies métaboliques constitutives ou contrôlées 10
1. Notion de biosynthèses constitutive ou contrôlée 10
2. L'exemple du contrôle insulinique de la glycogénogenèse 10

Références 11
Plan du chapitre 12
Plan simplifié du chapitre 12
Plan très simplifié du chapitre 13

Plan très simplifié du chapitre

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 2

I. Les cellules eucaryotes, des structures composées de constituants biochimiques complexes, à localisation particulière et renouvelés 3
- **A. Les cellules eucaryotes, des entités compartimentées aux constituants variés et localisables** 3
- **B. Les cellules eucaryotes, des entités dont les constituants ont une durée de vie limitée et sont renouvelés par des biosynthèses** 4
- **C. Les cellules eucaryotes, des systèmes ouverts qui utilisent de la matière et de l'énergie provenant de l'environnement** 7

II. Les cellules eucaryotes, des structures spécialisées réalisant des réactions chimiques constitutives ou contrôlées 8
- **A. Les biosynthèses, des voies métaboliques ayant lieu dans une cellule différenciée** 8
- **B. Les biosynthèses, des voies métaboliques constitutives ou contrôlées** 10

Références 11
Plan du chapitre 12
Plan simplifié du chapitre 12
Plan très simplifié du chapitre 13

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en décembre 2017 • Dernière actualisation : janvier 2020.
Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : https://www.svt-tanguy-jean.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.