

Le contrôle des flux de glucose, source essentielle d'éne...

Cours

Sommaire

I Le glucose dans l'organisme

- A Les variations de la glycémie
- B Les réserves de glucose dans l'organisme
- C Les flux de glucose dans l'organisme

II La régulation de la glycémie

- A L'organisation fonctionnelle du pancréas endocrine
- B L'insuline : une hormone hypoglycémiante
- C Le glucagon : une hormone hyperglycémiante

III Les diabètes

- A Le diabète insulino-dépendant : diabète de type I
- B Le diabète non insulino-dépendant : diabète de type II

RÉSUMÉ

Pour fonctionner, les cellules de l'organisme ont besoin de dioxygène et de nutriments comme le glucose. Le glucose dans l'organisme provient de l'alimentation. Cet apport n'est pas continu, un stockage de glucose est donc effectué par divers organes. La régulation de la glycémie est nécessaire pour fournir un apport suffisant en glucose aux organes. Elle est assurée par un système hormonal de régulation des flux de glucose. L'insuline et le glucagon sont des hormones sécrétées par le pancréas. Des dysfonctionnements de la régulation de la glycémie peuvent conduire à des diabètes.

I Le glucose dans l'organisme

Les cellules ont besoin de glucose en permanence, mais ce besoin varie en fonction des repas ou de l'activité physique. Les modifications de la consommation et/ou de l'apport de glucose entraînent des variations de glycémie. Les réserves de glucose dans l'organisme sont situées dans les cellules musculaires et dans les cellules hépatiques. Elles servent notamment à entretenir les flux de glucose dans l'organisme entre les organes sources (intestin et foie) et les organes consommateurs.

A Les variations de la glycémie

La glycémie est le taux de glucose dans le sang. Les besoins et les apports en glucose de l'organisme varient en fonction de l'activité physique et des repas.

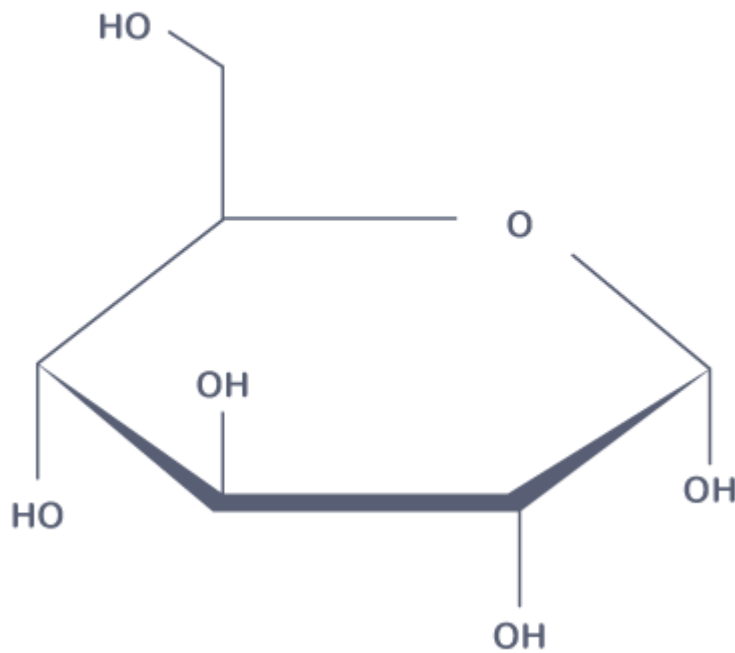
Glycémie

La **glycémie** est la concentration sanguine en glucose. Sa valeur normale est voisine de 1 g/L.

Les cellules de l'organisme doivent produire de l'énergie de manière permanente pour assurer leur fonctionnement. La production de cette énergie cellulaire est assurée, dans les cellules, par la synthèse d'ATP au cours des phénomènes de respiration et/ou de fermentation.

Ces voies métaboliques consomment du glucose. Les cellules doivent donc être approvisionnées en glucose.

La molécule de glucose : $C_6H_{12}O_6$



Certaines cellules peuvent utiliser des sources d'énergie autres que le glucose (cellules musculaires) mais d'autres ne consomment que du glucose. Elles sont dites glucodépendantes.

EXEMPLE

Les cellules nerveuses, les cellules rénales et les érythrocytes sont des cellules strictement glucodépendantes.

Le glucose est apporté aux cellules par voie sanguine. Les cellules doivent trouver dans le sang tout le glucose dont elles ont besoin. Il faut donc que la glycémie soit, à chaque instant, adaptée aux besoins de l'organisme.

Les apports en glucose sont alimentaires. Or, si les cellules consomment en permanence du glucose, la quantité de glucose consommée ou la quantité de glucose apportée dépend des conditions dans lesquelles l'organisme se trouve.

EXEMPLE

Au cours d'un jeûne, l'apport en glucose est fortement réduit, alors que les cellules ont les mêmes besoins.

Au cours d'un exercice physique, les cellules musculaires consomment davantage de glucose pour produire l'énergie nécessaire à la contraction.

En théorie, l'ensemble de ces éléments devrait conduire à d'importantes variations de la glycémie. L'observation chez l'individu sain montre qu'il n'en est rien. Il existe donc une régulation de la glycémie dans l'organisme grâce à un système hormonal impliquant différents organes.

B Les réserves de glucose dans l'organisme

Des réserves de glucose existent dans les cellules musculaires et dans les cellules hépatiques (cellules du foie). Elles permettent une adaptation aux conditions dans lesquelles se trouve l'organisme, de manière à éviter les variations glycémiques.

Il est nécessaire d'approvisionner en glucose les cellules de l'organisme d'une façon qui soit adaptée à leurs besoins. Mais les apports alimentaires sont discontinus, alors que la consommation est continue et peut varier :

- Après un repas, la glycémie augmente fortement (apports beaucoup plus grands mais consommation inchangée).
- Inversement, lors d'un effort physique, la glycémie chute (apports alimentaires inchangés, mais consommation très augmentée).

Les écarts glycémiques peuvent être nocifs pour l'organisme. Un équilibre entre les apports et la consommation de glucose au sein de l'organisme est donc indispensable pour éviter les écarts glycémiques trop importants.

Des organes comme le foie, les muscles et le tissu adipeux sont capables de stocker du glucose dans l'organisme. Le foie est l'organe majeur de la régulation glycémique.

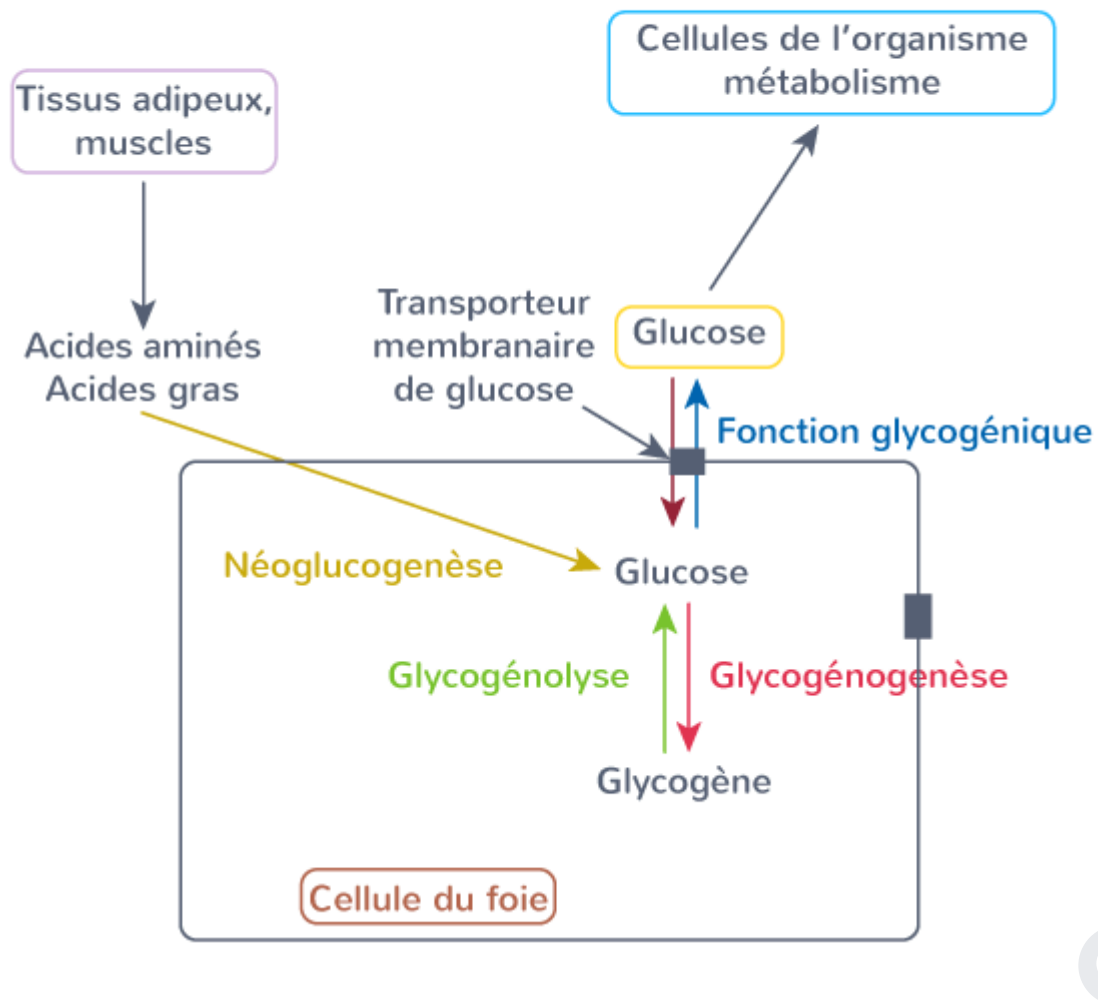
Le stockage de glucose est favorisé lorsque la glycémie s'élève (après un repas).

Inversement, la mobilisation des réserves des organes de stockage est favorisée si la glycémie risque de diminuer (jeûne, effort physique).

La régulation de la glycémie repose donc sur un maintien des flux de glucose entre les organes sources et les organes utilisateurs.

- Le foie peut stocker du glucose sous forme de glycogène (6 % de la masse du foie, soit environ 75 à 80 g chez un adulte correctement nourri). La fabrication du glycogène à partir du glucose est la glycogénogenèse.
- Le foie peut libérer le glucose qu'il a stocké. La fabrication de glucose à partir du glycogène est la glycogénolyse.
- Le foie est le seul organe capable de libérer du glucose dans le sang : c'est sa fonction glycogénique.
- Enfin, le foie peut fabriquer du glucose à partir de molécules non glucidiques (acides gras, acides aminés) : c'est la néoglucogenèse.

Cellules du foie, stockage et synthèse du glucose



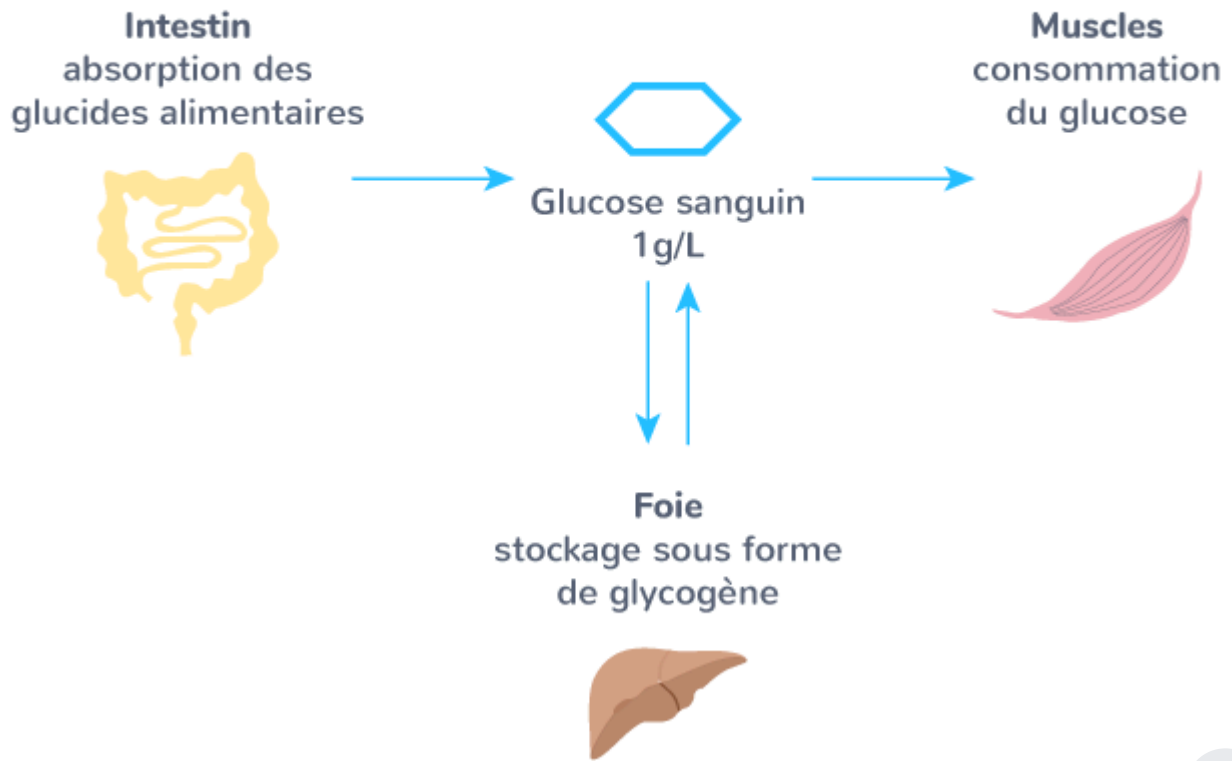
C Les flux de glucose dans l'organisme

Il existe des flux de glucose entre les organes dans lesquels est stocké le glucose (intestin et foie) et les organes qui consomment le glucose, comme les muscles.

L'équilibre entre les apports et la consommation de glucose s'effectue grâce à des organes qui stockent le glucose lorsqu'il est trop abondant et le libèrent lorsqu'il vient à manquer.

Des flux de glucose s'établissent donc entre les organes sources (intestin), les organes de stockage (le foie, essentiellement) et les organes utilisateurs du glucose (toutes les cellules, en particulier les cellules musculaires).

Les flux de glucose dans l'organisme



C'est sur les flux de glucose et leur intensité qu'une régulation peut agir.

II La régulation de la glycémie

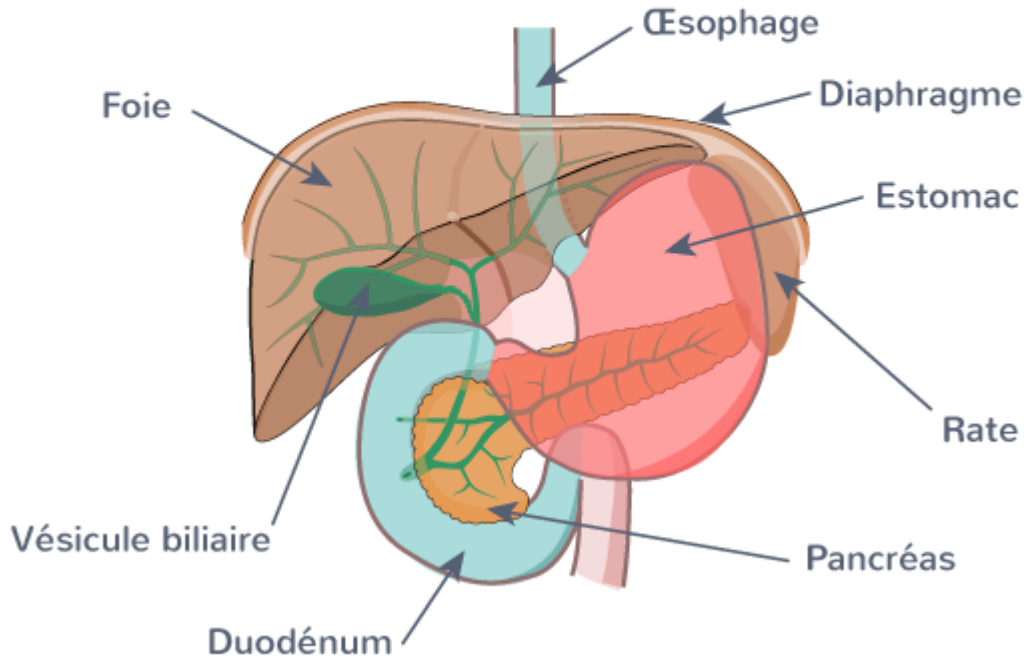
Il est indispensable de maintenir la glycémie dans des valeurs proches de 1 g/L. Une régulation hormonale des flux de glucose entre apports alimentaires, utilisation et stockage est nécessaire. Ce système de régulation fait intervenir deux hormones sécrétées par le pancréas : l'insuline et le glucagon.

A L'organisation fonctionnelle du pancréas endocrine

Le pancréas est divisé entre le pancréas exocrine et le pancréas endocrine. C'est au sein du pancréas endocrine que les deux hormones permettant la régulation de la glycémie sont sécrétées.

Le pancréas est localisé dans l'abdomen, sous le foie et l'estomac.

La localisation du pancréas dans l'abdomen



© Wikimedia Commons



Le pancréas est une glande mixte :

- Il sécrète des enzymes digestives qui sont déversées dans l'intestin. Cette fonction exocrine est assurée par des cellules regroupées en acini.
- Il sécrète dans le sang des hormones régulatrices des flux de glucose dans l'organisme (fonction endocrine).

DÉFINITION

Hormone

Une hormone est un messenger chimique sécrété par une cellule endocrine, agissant par voie sanguine sur des cellules cibles dont elle modifie l'activité.

Le pancréas endocrine comporte des cellules regroupées en îlots de Langerhans. Les cellules β , centrales, sécrètent de l'insuline, et les cellules α , périphériques, sécrètent du glucagon.

Un îlot de Langerhans pancréatique

Photographie microscopique

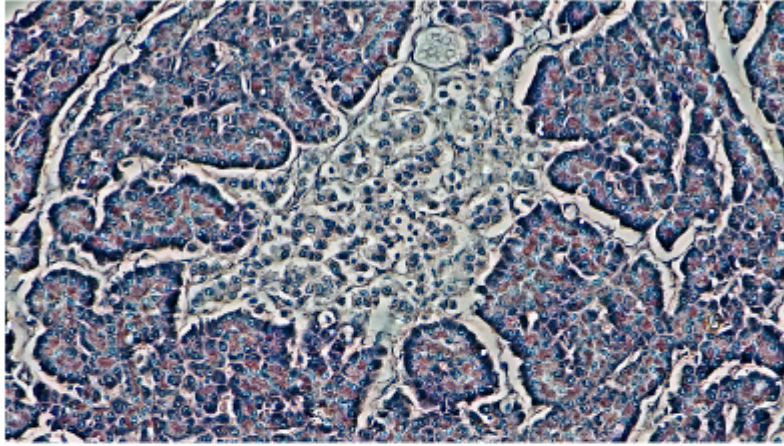
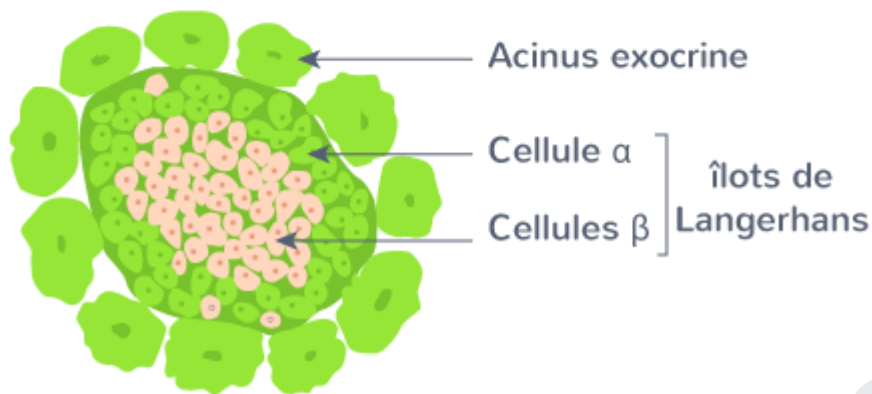


Schéma d'interprétation



© Wikimedia Commons



Le système de régulation de la glycémie se compose :

- de cellules capables de mesurer en permanence le taux sanguin de glucose et de sécréter en conséquence les hormones régulatrices ;
- d'un message formé par les hormones en circulation dans le sang ;
- de cellules cibles, réceptrices des messages hormonaux. Une cellule est cible d'une hormone si elle possède des récepteurs spécifiques sur lesquels l'hormone peut se fixer (à la manière d'une clé et d'une serrure).

DÉFINITION

Récepteurs à insuline ou à glucagon

Les récepteurs à insuline ou à glucagon sont des molécules protéiques sur lesquelles l'insuline ou le glucagon se fixent de manière spécifique. Une cellule n'est cible d'une hormone que si elle possède les récepteurs adéquats.

B L'insuline : une hormone hypoglycémiante

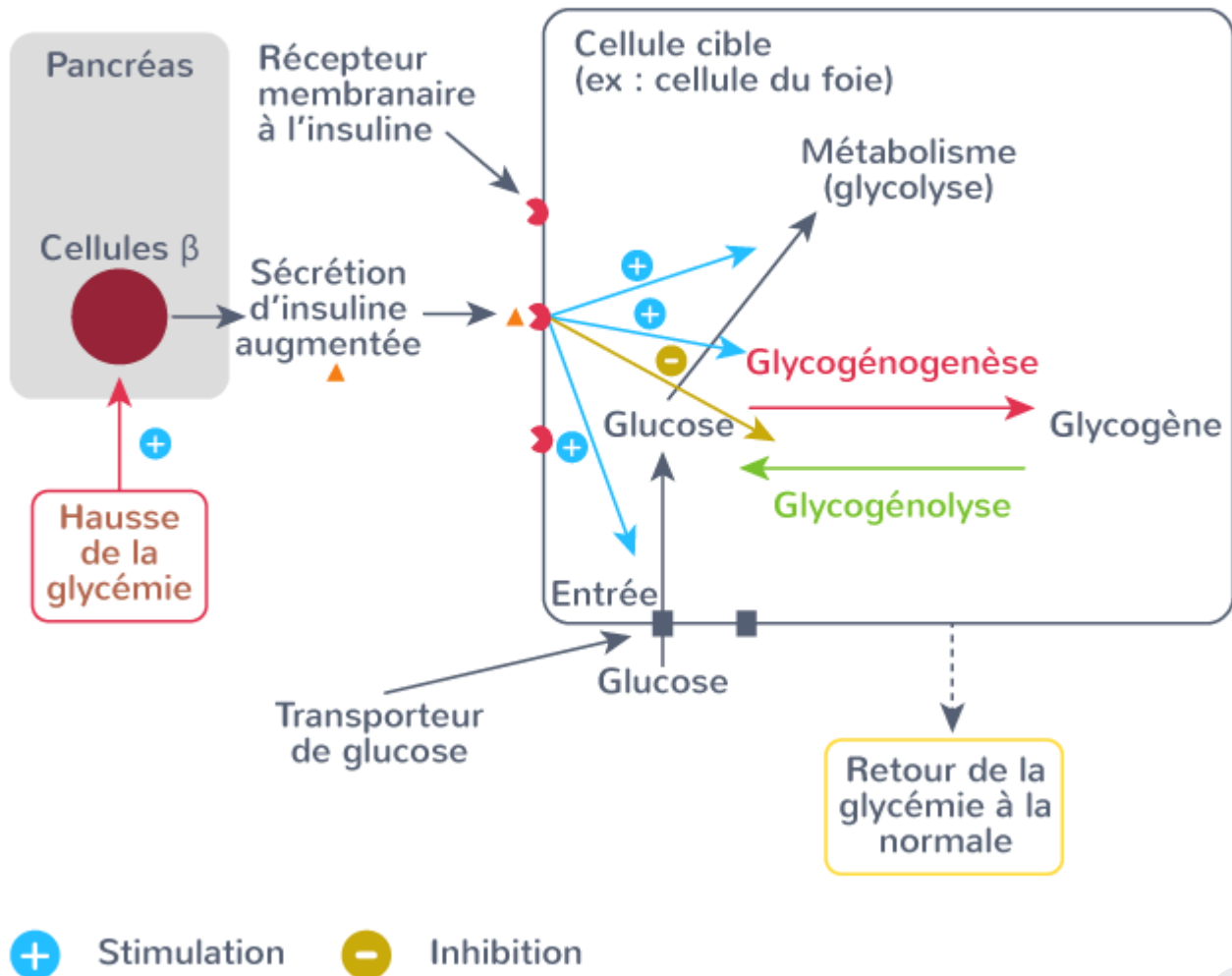
L'insuline est sécrétée par les cellules β pancréatiques. Elle stimule le stockage et l'utilisation du glucose. C'est une hormone hypoglycémiante.

L'insuline est sécrétée par les cellules β au centre des îlots de Langerhans pancréatiques. Il s'agit d'une hormone protéique de 51 acides aminés. La sécrétion de l'insuline est stimulée par l'élévation de glycémie.

Le taux sanguin d'insuline s'élève donc à la suite d'un repas ou après la prise de glucose ou d'une boisson sucrée.

L'insuline agit sur des récepteurs membranaires, sur les cellules du foie, du muscle et d'autres cellules.

Sécrétion, mode d'action et effets de l'insuline



PROPRIÉTÉ

L'insuline favorise l'entrée du glucose dans les cellules, son stockage et son utilisation.

Au niveau hépatique comme au niveau musculaire, l'insuline stimule la synthèse de transporteurs membranaires du glucose (nommés GLUT4), ce qui favorise l'entrée du glucose dans les cellules et sa disparition du sang. L'insuline stimule la glycogénogenèse et la glycolyse.

L'insuline stimule également le stockage des glucides sous forme de graisses dans le tissu adipeux.

Par tous ces effets cellulaires, en modulant les flux de glucose dans le sens d'un stockage et d'une utilisation accrue, l'insuline a donc un effet hypoglycémiant.

DÉFINITION

Hormone hypoglycémiante

Une hormone hypoglycémiante est une hormone susceptible, comme l'insuline, de faire diminuer la glycémie.

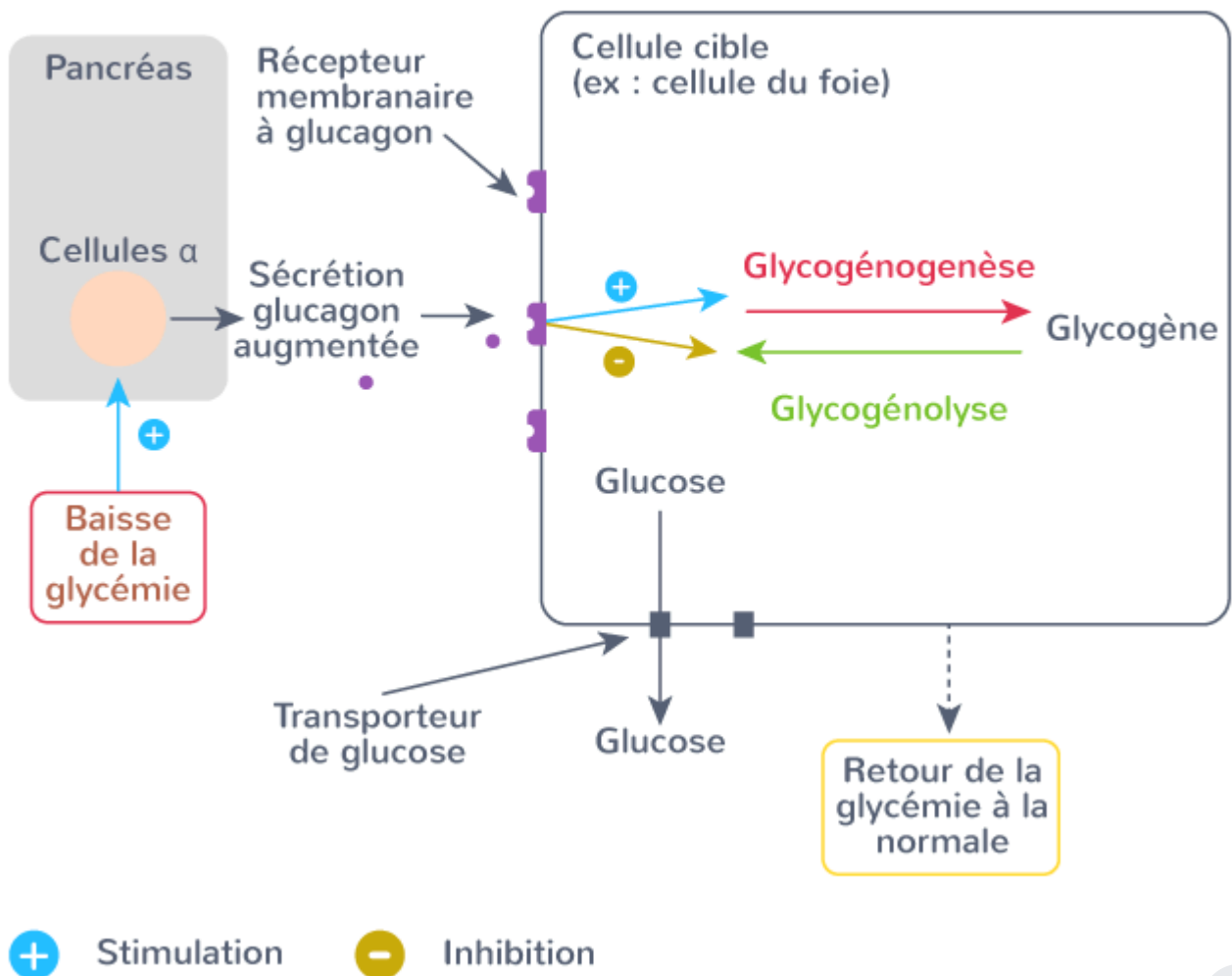
C Le glucagon : une hormone hyperglycémiante

Le glucagon est sécrété par les cellules α pancréatiques. Il stimule la mobilisation des stocks hépatiques de glucose. C'est une hormone hyperglycémiante.

Le glucagon est l'hormone antagoniste de l'insuline. Il est sécrété par les cellules α des îlots de Langerhans pancréatiques. C'est une hormone protéique.

La sécrétion du glucagon est stimulée par l'hypoglycémie. La concentration en glucagon dans le sang augmente donc lors de périodes de jeûne de quelques heures.

Sécrétion, mode d'action et effets du glucagon



Comme toute hormone, le glucagon agit par voie sanguine sur des cellules cibles, par des récepteurs membranaires spécifiques.

La cible principale du glucagon est le foie.

PROPRIÉTÉ

Le glucagon stimule la mobilisation des réserves hépatiques de glucose, en activant la glycogénolyse. Il a donc un effet hyperglycémiant.

DÉFINITION

Hormone hyperglycémiant

Une **hormone hyperglycémiant** est une hormone susceptible, comme le glucagon, de faire augmenter la glycémie.

III Les diabètes

Les diabètes sont liés à un dysfonctionnement du système régulateur de la glycémie par l'insuline. Ils se caractérisent par une glycémie à jeun supérieure à 1,26 g/L. Les diabètes peuvent être insulino-dépendants ou non insulino-dépendants.

A Le diabète insulino-dépendant : diabète de type I

Le diabète de type I est provoqué par une anomalie de sécrétion de l'insuline.

Ce type de diabète apparaît tôt chez l'individu, dès l'enfance. Il est, de ce fait, qualifié de diabète « juvénile ». L'origine de ce diabète est une sécrétion insuffisante, voire une absence de sécrétion d'insuline.

La cause principale de cette absence de sécrétion d'insuline est la destruction auto-immune (par le système immunitaire de l'individu lui-même) des cellules β des îlots de Langerhans.

Il n'y a plus d'insuline sécrétée et donc plus de système hypoglycémiant permettant de stocker le glucose lorsque celui-ci est trop abondant. La conséquence est une hyperglycémie qui peut s'accompagner d'une glycosurie, c'est-à-dire de l'émission de glucose dans l'urine. L'insuline est absente, mais ses récepteurs sont bien présents sur les cellules cibles.

Le traitement de ce type de diabète repose sur l'injection d'insuline : c'est un diabète insulino-dépendant. L'exercice physique régulier et le contrôle de l'alimentation sont également des outils utiles pour contrôler ce diabète.

B Le diabète non insulino-dépendant : diabète de type II

Le diabète de type II est causé par un dysfonctionnement des récepteurs à l'insuline.

Ce type de diabète apparaît chez l'individu adulte. Il est, de ce fait, qualifié de diabète « de la maturité ». L'origine de ce diabète est une présence insuffisante voire une absence des récepteurs membranaires sur lesquels l'insuline agit normalement.

L'insuline est sécrétée et, dans un premier temps, elle est même présente en quantité anormalement élevée, puisque les cellules β pancréatiques sont constamment stimulées, du fait de l'hyperglycémie constante.

Mais cette insuline est inefficace, puisque ses récepteurs membranaires font défaut. Tout se passe en réalité comme si l'insuline n'était pas présente. Plus tardivement, lorsque ce diabète est installé, les cellules β s'épuisent et la sécrétion d'insuline elle-même tend à fléchir, puis à devenir nulle.

L'insuline n'a aucun effet chez ces individus, le traitement ne repose donc pas sur l'injection d'insuline : le diabète de type II est qualifié de non insulino-dépendant. Ce sont d'autres méthodes qui sont utilisées : exercice physique et contrôle de l'alimentation, comme dans le diabète de type I, mais également prise de médicaments hypoglycémifiants qui pallient l'absence d'effet de l'insuline.