

LEÇON 9 — LA RÉGULATION DU MILIEU INTÉRIEUR

I. LE MILIEU INTÉRIEUR

1. Définition

Le **milieu intérieur** est l'ensemble des **liquides extracellulaires** dans lesquels baignent les cellules de l'organisme. C'est en quelque sorte le "bain" liquide dans lequel vivent toutes nos cellules.

2. Les composants du milieu intérieur

Composant	Description	Composition principale
Sang	Tissu circulant dans les vaisseaux sanguins	Plasma (eau + sels minéraux + substances organiques) + éléments figurés (hématies, leucocytes, plaquettes)
Lymph	Liquide transparent jaunâtre dans les vaisseaux lymphatiques	Composition similaire au plasma
Liquide interstitiel	Liquide entourant directement les cellules	Eau + sels minéraux + nutriments + acides gras + acides aminés

Schéma — Différence entre sang pur et sang oxalaté

SANG PUR (coagulé)	SANG OXALATÉ (sédimenté)
SÉRUM (eau + sels minéraux, <i>sans fibrinogène</i>)	PLASMA (eau + sels minéraux + protéines dont fibrinogène)
CAILLOT (coagulum) (globules rouges + fibrine)	ÉLÉMENTS FIGURÉS (hématies, leucocytes, plaquettes)

3. L'Homéostasie

Homéostasie : ensemble des mécanismes qui maintiennent stables les paramètres du milieu intérieur (glycémie, pH sanguin, pression osmotique, température...). Le corps cherche constamment à garder son équilibre interne.

→ **À RETENIR** : Milieu intérieur = sang + lymph + liquide interstitiel. La stabilité de ces liquides s'appelle **homéostasie**. Toute perturbation de cette stabilité peut causer une maladie.

II. FONCTIONNEMENT DES REINS

1. Anatomie du rein : le néphron

Le rein est composé de millions d'unités fonctionnelles appelées **néphrons**. Chaque néphron a deux parties principales :

- **Le corpuscule de Malpighi** : capsule de Bowman (enveloppe) + glomérule (capillaires sanguins à l'intérieur)
- **Le tubule rénal** : tube contourné proximal → anse de Henle → tube contourné distal → tube collecteur

Tableau des rôles de chaque partie du néphron

Structure	Rôle principal
Glomérule + Capsule de Bowman	Filtration du sang → urine primitive (tout sauf protéines, lipides)
Tube contourné proximal	Réabsorption du glucose, acides aminés, eau, ions
Anse de Henle	Concentration de l'urine : réabsorption d'eau
Tube contourné distal	Réabsorption des ions Na^+ (sous aldostérone)
Tube collecteur	Réabsorption finale d'eau (sous ADH) → urine définitive

2. Comparaison plasma / urine — Rôles du rein

En comparant la composition du plasma (sang filtré) et de l'urine, on comprend ce que le rein fait :

Substances	Dans le plasma	Dans l'urine	Rôle du rein
Protides, Lipides, Glucose	Présents	Absents (= 0)	Barrière : le rein les retient
Urée, Acide urique, Créatinine	Peu concentrés	Très concentrés	Filtre sélectif : concentre les déchets
Acide hippurique, Ammoniaque	Traces	Présents	Sécréteur : le rein les produit/élimine
Eau, NaCl , K^+ , Ca^{2+} ...	Présents	Présents	Présents dans les deux

3. Les 3 processus fondamentaux du rein

Processus	Lieu	Ce qui se passe
1. Filtration glomérulaire	Glomérule + capsule	Le sang est filtré. On obtient l' urine primitive (tout passe sauf protéines et lipides)
2. Réabsorption tubulaire	Tubule rénal	Les substances utiles (glucose, eau, acides aminés, sels) retournent dans le sang
3. Sécrétion tubulaire	Tubule rénal	Les déchets (urée, acide urique, créatinine, ions H^+) passent dans le tubule. On obtient l' urine définitive

→ **À RETENIR** : Filtration → Réabsorption → Sécrétion = les 3 étapes de la production d'urine. L'unité de base du rein = le **néphron**. Le rein est à la fois une barrière, un filtre sélectif et un organe sécréteur.

III. MÉCANISMES DE RÉGULATION DU MILIEU INTÉRIEUR

1. Régulation de l'équilibre hydrominéral (eau + sels)

L'équilibre entre l'eau et les sels minéraux (NaCl) dépend de la **pression osmotique** et du **volume sanguin (volémie)**. Deux systèmes principaux agissent :

a) **L'ADH (hormone antidiurétique / vasopressine)**

Situation	Mécanisme	Résultat
Pression osmotique ↑ (manque d'eau ou excès de NaCl)	Osmorécepteurs de l' hypothalamus détectent la hausse → la neurohypophyse libère l' ADH → l'ADH augmente la réabsorption d'eau dans les tubules rénaux	Pression osmotique ↓ Urine peu abondante et concentrée (diurèse ↓)
Pression osmotique ↓ (excès d'eau ou manque de NaCl)	Moins d'ADH libérée → moins de réabsorption d'eau	Urine très abondante et diluée (diurèse ↑)

b) Le système rénine-angiotensine-aldostérone

Ce système intervient quand le taux de sodium (Na^+) dans le sang est trop bas :

Na^+ sanguin ↓	→	Le rein sécrète la RÉNINE	→	Rénine + Angiotensinogène (foie) = Angiotensine I
Na^+ réabsorbé ↑ Volume sanguin ↑	←	ALDOSTÉRONE (surrénale) favorise réabsorption Na^+ dans les tubules	←	Angiotensine I → Angiotensine II (enzyme de conversion) → stimule aldostérone

Remarque : La soif et la transpiration jouent aussi un rôle dans la régulation de la pression osmotique du milieu intérieur.

2. Régulation de l'équilibre acido-basique (pH sanguin)

Le pH normal du sang est de **7,4** (légèrement alcalin). Toute variation trop importante est dangereuse :

Trouble	pH	Cause principale	Conséquences
Acidose (acidification du sang)	< 7,35	Excès de viande, effort musculaire intense, hypoventilation	Coma et mort si acidose forte
Alcalose (alcalinisation du sang)	> 7,45	Alimentation riche en Na^+/K^+ , hyperventilation	Troubles respiratoires et neuromusculaires

Trois systèmes corrigent le pH :

Système	Mécanisme de correction
a) Systèmes tampons (action immédiate)	Le couple $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{NaHCO}_3$ est le plus efficace du plasma. • Acidose → NaHCO_3 neutralise l'acide fort : $\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$ (acide faible) • Alcalose → H_2CO_3 neutralise la base : $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
b) Les poumons (action rapide)	• Acidose → hyperventilation → élimination du CO_2 → pH remonte • Alcalose → hypoventilation → rétention du CO_2 → formation de H_2CO_3 → pH baisse
c) Les reins (action lente mais durable)	• Acidose persistante → reins éliminent les ions H^+ et réabsorbent HCO_3^- et Na^+ → pH ↑ • Alcalose → reins éliminent HCO_3^- et Na^+ , réduisent la sécrétion de H^+ → pH ↓

3. Régulation neuro-hormonale de la production d'urine

La production d'urine est contrôlée par le système nerveux ET des hormones : c'est une régulation **neurohormonale**. Trois hormones principales interviennent :

Hormone	Source	Action sur le rein	Effet sur diurèse
ADH (vasopressine)	Post-hypophyse	Augmente la perméabilité des tubules → plus d'eau réabsorbée	Diurèse ↓ (moins d'urine)

Aldostérone	Cortico-surrénale	Réabsorption du Na^+ dans les tubules → l'eau suit	Diurèse ↓ (moins d'urine)
Cortisol	Cortico-surrénale	Augmente la filtration glomérulaire À faible dose : favorise excrétion de Na^+	Diurèse ↑ (plus d'urine)

→ **À RETENIR** : **ADH** et **Aldostérone** agissent ensemble pour réduire la diurèse (moins d'urine, plus concentrée).
ADH = réabsorption directe de l'eau ; Aldostérone = réabsorption du sel → l'eau suit automatiquement.

IV. RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE PAR LES GLANDES ENDOCRINES

Notion de glycémie

Glycémie = taux de glucose dans le sang. Valeur normale : **1 g/L**.

- **Hyperglycémie** : taux de sucre trop élevé (supérieur à 1 g/L)
- **Hypoglycémie** : taux de sucre trop faible (inférieur à 1 g/L)

1. Le foie : fonction glycogénique

Le foie joue le rôle de **réservoir de glucose**. Il stocke ou libère le glucose selon les besoins :

Situation	Processus	Action du foie
Après un repas (Hyperglycémie)	Glycogenèse (Glycogénogénèse)	Le foie transforme l'excès de glucose en glycogène (stockage dans le foie et les muscles)
À jeun (Hypoglycémie)	Glycogénolyse	Le foie décompose le glycogène stocké en glucose pour rétablir l'équilibre sanguin

2. Le pancréas : glande mixte

Le pancréas est une **glande mixte** : il a une partie **exocrine** (production du suc pancréatique via les acini) et une partie **endocrine** (production d'hormones via les **îlots de Langerhans**).

- **Cellules α (alpha)** des îlots de Langerhans → produisent le **glucagon**
- **Cellules β (bêta)** des îlots de Langerhans → produisent l'**insuline**

Hormone	Cellule productrice	Quand sécrétée ?	Action	Effet sur glycémie
Insuline	Cellules β	Hyperglycémie (sucre ↑)	Active la glycogénogénèse (stockage du glucose)	↓ Hypoglycémiant
Glucagon	Cellules α	Hypoglycémie (sucre ↓)	Active la glycogénolyse hépatique (libération du glucose)	↑ Hyperglycémiant

→ **À RETENIR** : Insuline et glucagon ont des effets **antagonistes** (opposés). Ils travaillent en équipe pour maintenir la glycémie à 1 g/L. C'est un exemple d'**autorégulation** : c'est le taux de sucre dans le sang lui-même qui déclenche la sécrétion de l'hormone adaptée.

3. La glande thyroïde

La thyroïde est une glande située dans le cou, en avant du larynx. Elle est composée de **vésicules thyroïdiennes** qui produisent les **hormones thyroïdiennes**, formées à partir de la tyrosine et de l'iode :

- Tyrosine + **3 iodes** → **Triiodothyronine (T3)**
- Tyrosine + **4 iodes** → **Tétraiodothyronine (T4)**

Mécanisme de synthèse : Capture d'iode → combinaison avec une protéine (thyroglobuline stockée sous forme de colloïde) → hydrolyse et libération des hormones dans le sang.

Régulation de la thyroïde : L'hypophyse produit la **TSH** (thyroestimuline) qui stimule la thyroïde. En retour, si le taux d'hormones thyroïdiennes est trop élevé, elles inhibent la production de TSH : c'est un **rétrocontrôle négatif**. La thyroxine est une hormone **hyperglycémiante**.

V. DIABÈTE ET INSUFFISANCES RÉNALES

1. Causes des insuffisances rénales

- Le **diabète** (surtout non contrôlé) et l'**hypertension artérielle**
- La consommation excessive de viande, sel, sucre et graisses

2. Les deux types de diabète

Type	Nom complet	Caractéristique principale
Diabète de type I	Diabète insulino-dépendant	Dysfonctionnement précoce. Les cellules β du pancréas ne produisent plus d'insuline. L'organisme dépend des injections d'insuline pour survivre.
Diabète de type II	Diabète non insulino-dépendant	Dysfonctionnement plus tardif. L'organisme produit de l'insuline mais y résiste. Très souvent lié à de mauvaises habitudes alimentaires et à la sédentarité.

3. Mesures de prévention et de lutte

Pour protéger ses reins et éviter le diabète, il faut :

- Réduire la consommation de viande, sel, sucre et graisses
- Pratiquer régulièrement une activité physique
- Contrôler régulièrement sa glycémie et sa tension artérielle
- Éviter le stress, le surpoids et la sédentarité
- Éviter l'automédication (ne jamais se soigner soi-même sans avis médical)

TABLEAU DE SYNTHÈSE — POINTS CLÉS DE LA LEÇON

Ce tableau résume toutes les notions importantes à connaître par cœur :

Notion	Définition / Rôle	Acteurs principaux
Milieu intérieur	Liquides extracellulaires autour des cellules	Sang, lymphe, liquide interstitiel
Homéostasie	Maintien de la stabilité des paramètres du milieu intérieur	Reins, foie, poumons, glandes endocrines
Néphron	Unité fonctionnelle du rein	Glomérule, tubules, tube collecteur
Filtration glomérulaire	Production de l'urine primitive	Glomérule + capsule de Bowman

Réabsorption tubulaire	Récupération des substances utiles vers le sang	Tubules rénaux (glucose, eau, Na^+ ...)
Sécrétion tubulaire	Élimination des déchets → urine définitive	Tubules rénaux (urée, acide urique, H^+)
Régulation hydrominérale	Contrôle du taux d'eau et de sel dans le sang	ADH (hypothalamo-hypophysaire) + Aldostérone (rénine-angiotensine)
Régulation acido-basique	Maintien du pH sanguin à 7,4	Systèmes tampons, poumons, reins
Glycémie normale	1 g/L de glucose dans le sang	Foie (stockage), pancréas (insuline/glucagon), thyroïde (thyroxine)
Insuline	Hormone hypoglycémiante → baisse le sucre	Cellules β des îlots de Langerhans
Glucagon	Hormone hyperglycémiante → élève le sucre	Cellules α des îlots de Langerhans
Thyroxine	Hormone hyperglycémiante, nécessite l'iode	Thyroïde (sous contrôle TSH de l'hypophyse)
Diabète type I	Absence d'insuline, origine précoce	Destruction des cellules β
Diabète type II	Résistance à l'insuline, origine tardive	Mode de vie, alimentation déséquilibrée

MOTS-CLÉS IMPORTANTS À MAÎTRISER

Terme	Ce que ça veut dire simplement
Milieu intérieur	L'ensemble des liquides qui entourent les cellules de ton corps
Homéostasie	La capacité du corps à maintenir son équilibre intérieur stable
Diurèse	La production et l'élimination de l'urine par les reins
Pression osmotique	La pression liée à la concentration en sels du sang
ADH	Hormone antidiurétique = réduit la quantité d'urine produite (réabsorption d'eau)
Aldostérone	Hormone qui favorise la réabsorption du sodium dans les tubules rénaux
Rénine	Enzyme sécrétée par le rein, première étape du système rénine-angiotensine
Clearance	Pouvoir épurateur du rein : sa capacité à éliminer l'urée du plasma. $C = u \times v / p$
Acidose / Alcalose	pH du sang trop bas (acidose) ou trop élevé (alcalose)
Glycémie	Taux de glucose dans le sang (valeur normale = 1 g/L)
Glycogénèse	Transformation du glucose en glycogène pour le stocker (stockage)
Glycogénolyse	Décomposition du glycogène en glucose pour le libérer (utilisation)
Insuline	Hormone du pancréas qui fait baisser le taux de sucre dans le sang
Glucagon	Hormone du pancréas qui fait monter le taux de sucre dans le sang
TSH	Thyréostimuline : hormone de l'hypophyse qui commande la thyroïde
Thyroxine	Hormone de la thyroïde, hyperglycémiante, fabriquée avec de l'iode

■ ***La photocopie de ce document est strictement interdite.***

*Ce résumé est un outil de révision conçu pour accompagner chaque élève dans sa préparation. Il met en évidence les points essentiels du cours dans un langage accessible. Cependant, **ce document ne remplace en aucun cas une lecture attentive et complète du cours**. Un bon élève utilise cette fiche comme point de départ, puis approfondit sa compréhension en relisant son cours, en faisant des exercices et en posant des questions à son enseignant.*

BIO-LOGIQUE+ community — Contact : (+228) 96 15 63 10 / 93 39 75 89

SITUATION D'APPRENTISSAGE 1

Lors d'une compétition sportive, un élève transpire abondamment pendant plusieurs heures sous le soleil. Après l'effort, il ressent une grande soif et une fatigue importante. Son professeur de SVT lui explique que son organisme cherche à maintenir constantes certaines caractéristiques internes malgré les perturbations extérieures.

À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Identifiez les différents composants du milieu intérieur et décrivez leurs caractéristiques.

CONSIGNE 2: Expliquez la notion d'homéostasie et son importance pour l'organisme.

SITUATION D'APPRENTISSAGE 2

Après une sortie scolaire, un élève consomme une grande quantité d'eau. Quelques heures plus tard, il remarque qu'il urine fréquemment et en grande quantité. Intrigué, il cherche à comprendre le rôle des reins dans la formation de l'urine.

À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Décrivez la structure générale du rein.

CONSIGNE 2: Expliquez les étapes de la formation de l'urine en montrant comment les reins participent à l'épuration du sang.

SITUATION D'APPRENTISSAGE 3

Pendant une période de forte chaleur, une élève perd beaucoup d'eau par transpiration. Elle constate que ses urines deviennent moins abondantes et plus concentrées. Elle souhaite comprendre comment l'organisme conserve l'eau.

À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Expliquez les variations de la diurèse.

CONSIGNE 2: Montrez le rôle des reins dans le maintien de l'équilibre hydrominéral.

CONSIGNE 3: Discuter les hormones qui interviennent dans chaque cas...

SITUATION D'APPRENTISSAGE 4

Après une course de longue durée, un sportif présente une respiration rapide et une grande fatigue. Le médecin lui explique que son organisme tente de corriger une modification du pH sanguin.

À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Définissez l'acidose et l'alcalose ensuite expliquez le rôle des systèmes tampons.

CONSIGNE 2: Montrez comment les poumons et les reins participent à la régulation du pH sanguin.

SITUATION D'APPRENTISSAGE 5

Après avoir consommé plusieurs boissons très sucrées, un élève remarque que son organisme retrouve rapidement un fonctionnement normal malgré l'apport important de sucre. Son professeur lui explique que plusieurs organes interviennent pour maintenir la glycémie constante.

À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Expliquez le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

CONSIGNE 2: Montrez l'action du pancréas et de ses hormones.

CONSIGNE 3: Précisez le rôle de la glande thyroïde dans cette régulation.

SITUATION D'APPRENTISSAGE 6

Depuis plusieurs mois, un homme souffre d'une soif excessive, urine fréquemment et perd progressivement du poids. Un autre patient présente une insuffisance rénale nécessitant des séances régulières de dialyse. Le médecin leur explique que leurs troubles sont liés à une perturbation des mécanismes de régulation du milieu intérieur. À partir des documents mis à votre disposition et de vos connaissances:

CONSIGNE 1: Identifiez quelques causes des insuffisances rénales et distinguez les différents types de diabète.

CONSIGNE 2: Proposez des mesures de prévention contre le diabète et les insuffisances rénales.

I. LES COMPOSANTS DU MILIEU INTERIEUR ET L'HOMÉOSTASIE

Document 1 : Composition du sang

Constituants du sang	Pourcentage approximatif (%)
Plasma	55
Globules rouges	44
Globules blancs et plaquettes	1

Document 2 : Schéma du milieu intérieur

II. LE FONCTIONNEMENT DES REINS

Document 1 : Structure du rein

Document 2 : Formation de l'urine

III. QUELQUES MÉCANISMES DE LA RÉGULATION DU MILIEU INTERIEUR PAR LES REINS

III-1. Régulation de l'équilibre hydrominéral

Document 1 : Variation de la diurèse

Situation	Volume d'urine produit en 24 h
Apport d'eau important	2,5 L à 3 L
Apport d'eau normal	1 à 1,5 L
Déshydratation (sueur abondante)	0,4 à 0,6 L

Document 2 : Action de l'ADH et de l'aldostérone

ADH (hormone antidiurétique)	Aldostérone (hormone corticosurrénale)
Sécrétée par la post-hypophyse quand l'organisme manque d'eau.	Sécrétée par la corticosurrénale quand la quantité de sels minéraux (Na ⁺) diminue.
Augmente la réabsorption de l'eau au niveau des tubes rénaux.	Augmente la réabsorption du sodium (Na ⁺) et de l'eau au niveau des tubes rénaux.
Diminue le volume des urines (urines peu abondantes et concentrées).	Diminue les pertes de sels minéraux et d'eau dans les urines.

III-2. Régulation de l'équilibre acido-basique

Document 1 : Acidose et Alcalose

Acidose : augmentation de l'acidité du sang (baisse du pH inférieur à 7,35).

Alcalose : diminution de l'acidité du sang (pH supérieur à 7,45).

Document 2 : Systèmes tampons

Les principaux systèmes tampons du sang :

- Bicarbonates (HCO₃⁻ / H₂CO₃)
- Phosphates (H₂PO₄⁻ / HPO₄²⁻)
- Protéines plasmatiques

Document 3 : Rôle des poumons et des reins

Poumons	Reins
Éliminent le dioxyde de carbone (CO ₂). ↓ Diminuent l'acidité du sang.	Éliminent les ions H ⁺ et réabsorbent les ions HCO ₃ ⁻ . ↓ Maintiennent le pH du sang autour de 7,4.

IV. RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE PAR QUELQUES GLANDES ENDOCRINES

Document 1 : Rôle du foie

Le foie :

- Stocke le glucose sous forme de glycogène (glycogénogenèse).
- Libère du glucose dans le sang en cas de besoin (glycogénolyse).

Document 2 : Action du pancréas

Insuline (sécrétée par les cellules β)	Glucagon (sécrété par les cellules α)
Diminue la glycémie en favorisant l'entrée du glucose dans les cellules et son stockage.	Augmente la glycémie en favorisant la libération du glucose par le foie.

Document 3 : Rôle de la thyroïde

La thyroïde sécrète les hormones thyroïdiennes qui augmentent l'utilisation du glucose par les cellules et participent ainsi à la régulation de la glycémie.

V. CONSÉQUENCES DU DYSFONCTIONNEMENT DES MÉCANISMES DE RÉGULATION DU MILIEU INTERIEUR

Document 1 : Causes de l'insuffisance rénale

- Diabète mal contrôlé
- Hypertension artérielle
- Infections rénales
- Prise abusive de médicaments néphrotoxiques
- Mauvaise alimentation, déshydratation, tabagisme, etc.

Document 2 : Types de diabète

Diabète de type 1 :

- D'origine auto-immune.
- Insuffisance de sécrétion d'insuline.
- Souvent chez l'enfant et le jeune adulte.

Diabète de type 2 :

- Résistance à l'insuline ou sécrétion insuffisante.
- Souvent chez l'adulte (lié au mode de vie).

Document 3 : Mesures de prévention

Pour prévenir le diabète	Pour prévenir les insuffisances rénales	Pour tous
- Alimentation équilibrée - Activité physique régulière - Contrôle du poids - Éviter les excès de sucre et de graisses	- Boire suffisamment d'eau - Éviter les médicaments toxiques pour les reins - Contrôler la tension artérielle et la glycémie	- Arrêter le tabac - Éviter l'alcool excessif - Consulter régulièrement un médecin

QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES (QCM)

1-Dans le cas de stress :

- a -Le rythme cardiaque augmente
- b -Le rythme cardiaque diminue
- c -La circulation de sang augmente dans la peau
- d -La circulation de sang vers les muscles diminue

2- La vasoconstriction des artères peut être le résultat de :

- a - la sécrétion d'adrénaline.
- b - la sécrétion d'acétylcholine.
- c - la formation d'angiotensine.
- d - la sécrétion d'ADH.

3- La section de l'interneurone inhibiteur entraîne :

- a - une vasoconstriction des artères.
- b - une vasodilatation des artères.
- c - une augmentation de libération d'acétylcholine.
- d - une augmentation de libération de noradrénaline.

4- Des stimulations effectuées sur l'interneurone inhibiteur du bulbe rachidien entraînent :

- a - une augmentation de l'activité électrique des nerfs pneumogastriques.
- b - une augmentation de l'activité électrique des nerfs sympathiques.
- c - une baisse de l'activité du centre médullaire cardioaccélérateur.
- d - une baisse de l'activité du centre bulbaire cardiomodérateur.

5- L'augmentation de sécrétion d'adrénaline s'observe en cas de :

- a - stimulation du ganglion étoilé.
- b - hypertension.
- c - baisse importante de la volémie.
- d - augmentation de la volémie.

6- Les sinus carotidiens sont innervés par :

- a - le système sympathique moteur.
- b - le système parasympathique moteur.
- c - les nerfs pneumogastriques.
- d - les nerfs de Hering.

7- La sécrétion d'ACTH par l'hypophyse :

- a - stimule la sécrétion d'adrénaline.
- b - stimule la sécrétion du cortisol.
- c - diminue immédiatement lorsque l'organisme est soumis à un agent stressant.
- d - active indirectement la néoglucogenèse pendant la phase d'adaptation.

EXERCICES D'APPLICATION

Le tableau ci-dessous indique les quantités habituelles d'urine émises par 24 heures par deux sujets A et B.

Sujets Urine	Sujet A	Sujet B
	1,5	2,5

L'ingestion par le sujet A de 1 litre d'eau pure, en moins d'une demi-heure, modifie passagèrement sa diurèse qui revient à celle initiale 3 heures après.

1- Précisez les modifications induites, dans le milieu intérieur par l'ingestion de cette quantité d'eau et la réaction des reins.

2- Chez le sujet B, sont injectés par voie intraveineuse, des extraits post hypophysaires. Le volume d'urine émis est alors de 1,5L par jour.

2.1. Quel(s) renseignement(s) pouvez-vous déduire de ce résultat expérimental ?

2.2. Identifiez alors l'origine de la maladie dont souffre l'un des deux sujets du tableau précédent.

3- Schématisez le mécanisme de régulation intervenant chez le sujet A à la suite de l'ingestion de l'eau pure.

EXERCICE 2

Une hémorragie légère entraîne une baisse du volume sanguin et de la pression artérielle. Le retour à la situation normale passe par différents processus dont le rétablissement du volume sanguin.

Le tableau met en évidence la relation entre la concentration sanguine de l'hormone anti diurétique (ADH) et l'activité rénale chez l'homme.

	Volume d'urine émise en 24 heures (en litres)
Taux sanguin d'ADH faible	23,3
Taux sanguin d'ADH élevé	0,5
Taux sanguin d'ADH normal	1,5

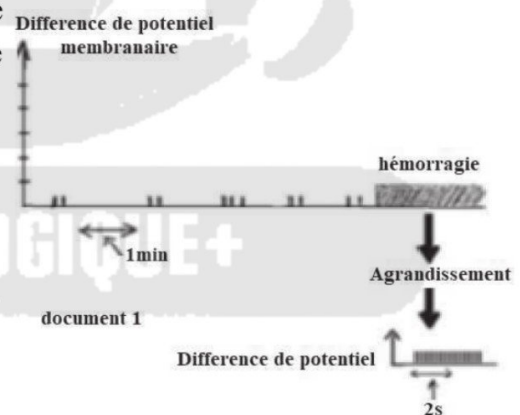
1-A partir de l'analyse du tableau, précisez le rôle de l'ADH dans l'activité rénale.

2-Le document 1 représente l'enregistrement de l'activité électrique d'un neurone hypothalamique sécréteur d'ADH avant et après l'hémorragie.

a- Quelle information tirez-vous du document 2 ?

b- Quel lien peut-on établir entre l'hémorragie et la sécrétion d'ADH ?

3- Dans la paroi de l'oreillette gauche existent des terminaisons nerveuses qui se prolongent par des fibres gagnant l'encéphale, notamment les neu-

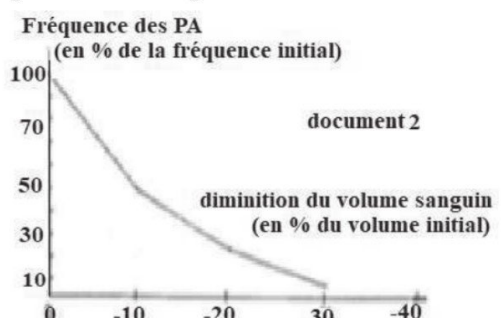


rones hypothalamiques sécréteurs d'ADH, en empruntant le nerf vague. Dans les conditions de pression sanguine normale, des potentiels d'action parcourent en permanence ces fibres.

Dans une situation d'hémorragie, la fréquence des potentiels d'action varie en fonction du volume sanguin selon la courbe suivante (document 2).

a- Comment qualifier ces fibres nerveuses du nerf vague ?

b- Quelle est la conséquence de la variation de la fréquence des potentiels d'action parcourant ces fibres, sur l'activité électrique des neurones hypothalamiques sécréteurs d'ADH ?



4- A partir des informations apportées par les différents documents, établissez un schéma fonctionnel résumant la régulation de la pression artérielle après une hémorragie.

EXERCICE 3

On réalise, chez un même sujet en bonne santé, à deux moments de la journée (A et B) des analyses de sang et d'urine dont les résultats sont les suivants :

Constituants en g/l	Moment A		Moment B	
	Plasma	Urine	Plasma	Urine
Eau	900	950	900	950
Protéines	80	0	80	0
Lipides	5	0	5	0
Glucose	1	0	0,8	0
Ac. lactique	Absent	Absent	Présent	Absent
Phosphates	$\text{HPO}_4^{2-}:0,1$	$\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}:1$	$\text{HPO}_4^{2-}:0,1$	$\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}:2$
Urée	0,3	21	0,3	21

- 1- Précisez les modifications observables dans l'état du sujet du moment A au moment B.
- 2- Précisez, en vous aidant de la question 1, les états A et B.
- 3- D'où provient l'acide lactique ? Quelle précision sa présence vous permet-elle d'apporter sur l'état physiologique du sujet au moment B ?

EXERCICE 4

Soit trois souris A, B et C initialement à jeun, reçoivent une même quantité de nourriture riche en glucides. Leur glycémie, à la suite de cette même expérience, est représentée par le document 1.

1-Deux souris parmi les trois, sont atteintes d'une maladie qui se manifeste par une déficience de la régulation de la glycémie.

a - Préciser ces deux souris, justifiez votre réponse.

b - Nommer la maladie en question.

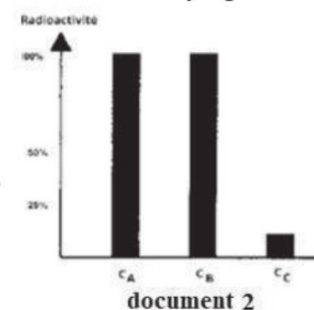
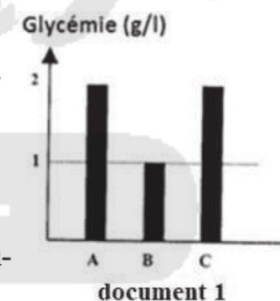
2- Dans le but de comprendre l'origine de la maladie de ces deux souris, on réalise l'expérience suivante :

Des cellules hépatiques C_A , C_B et C_C , prélevées respectivement des trois souris A, B et C, sont placées, pendant 30 minutes, dans un milieu nutritif contenant de l'insuline radioactive. Le document 2, représente la radioactivité mesurée à la surface de la membrane cytoplasmique des cellules C_A , C_B et C_C , à la fin de cette expérience.

a - Les cellules hépatiques, sont-elles des cellules cibles de l'insuline ? Justifiez votre réponse en se basant sur le document 2.

b - Quelle(s) information(s) apporte le résultat de cette expérience, sur l'origine de la maladie des deux souris indiquées en 1 ? Argumenter votre réponse en vous basant sur le document 2.

c - L'injection quotidienne d'une dose suffisante d'insuline assure-t-elle une glycémie normale chez les deux souris ? Justifiez votre réponse.



EXERCICE 5

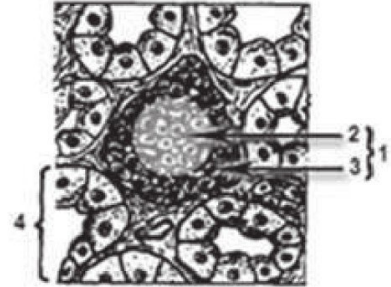
Dans certains cas, les variations de la glycémie et de la glycosurie sont anormales.

1- Définissez : glycémie et glycosurie.

2- Représentez l'évolution de la glycémie et la glycosurie chez un animal dépancréaté. Justifiez.

3- Le document représente une observation microscopique d'une coupe du pancréas. Légendez ce document.

Les cellules pancréatiques portant les numéros 2 et 3 sont à l'origine, respectivement, de deux substances X et Y empêchant la variation anormale de la glycémie dans l'organisme sain.



4- Nommez ces deux substances et indiquez leurs rôles dans la régulation de la glycémie.

5- Indiquez le facteur sanguin déterminant la sécrétion de chacune de ces deux substances.

EXERCICE 6

Le tableau 1 illustre les résultats du dosage de la concentration du sodium chez un sujet normal dans des conditions différentes.

	Quantité de sodium dans	
	Le plasma	L'urine
Après un repas normal	7g/l	10g/l
Après un repas très riche en sel	10g/l	13g/l
Après un régime sans sel	4g/l	0g/l
Tableau 1		

1- Analysez ces résultats.

2- Deduisez le rôle des reins vis-à-vis du chlorure de sodium.

Les corticosurrénales sont deux glandes qui sont logées dans la cavité abdominale au contact du rein.

	Quantité de sodium dans	
	Le plasma	L'urine
Avant l'ablation	3.3g/l	3.7g/l
Après l'ablation	2.5g/l	6g/l
Tableau 2		

On analyse le sang et l'urine d'un animal avant et après l'ablation de ces glandes. On obtient les résultats du tableau 2.

3- Que peut-on conclure ?

4- Préciser le mode d'action des corticosurrénales sur l'excrétion du sodium.

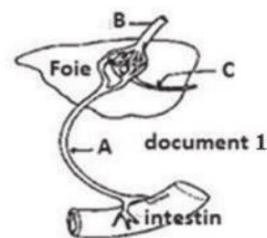
5- Proposer une expérience qui met en évidence ce mode d'action.

EXERCICE 7

A-Chez l'homme normal, la glycémie est maintenue constante même dans des conditions variées : repos, activité, jeun, alimentation.

1. Donnez la définition de la glycémie.

2. Le document 1 montre, de façon simplifiée, la vascularisation du foie et de l'intestin grêle.



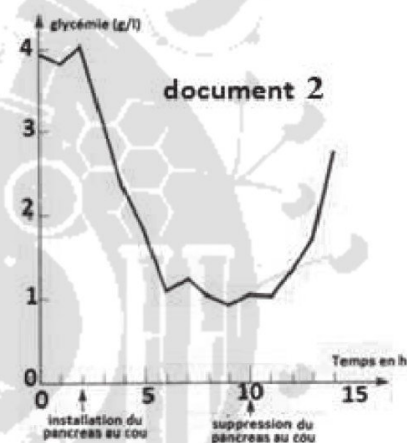
a-Indiquez par des flèches, sur le document 1, le sens de la circulation du sang au niveau des vaisseaux A, B et C.

b-Précisez comment varie la glycémie par rapport à la valeur normale au niveau des vaisseaux A et B, à jeun et après un repas riche en glucides.

B- L'ablation du pancréas chez un chien entraîne des troubles graves parmi lesquels les symptômes du diabète. On réalise l'expérience suivante afin de préciser par quels mécanismes le pancréas influence la teneur en glucose du sang :

Chez un chien dépancréaté, on intercale sur la circulation carotido-jugulaire un pancréas prélevé chez un autre chien.

Puis ce pancréas est supprimé après quelques heures. La courbe du document 2 traduit les variations de la glycémie.



1. Quelles sont les autres troubles physiologiques qui suivent la pancréatectomie?

2. Analysez le tracé.

3. Quelles sont les conclusions qu'on peut dégager de cette expérience?

4. Citez une autre expérience qui confirme vos conclusions.

EXERCICE 8

Afin de comprendre le rôle et le mode d'action de l'insuline dans l'organisme, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 :

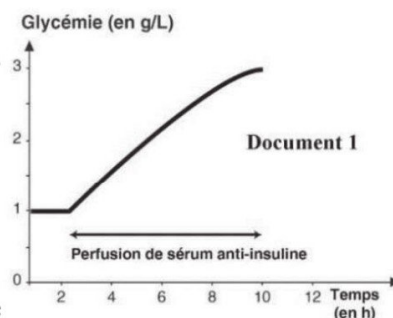
Chez un rat, on effectue la perfusion (injection continue) d'un sérum contenant des anticorps anti-insuline. Ces anticorps neutralisent l'insuline, l'empêchant ainsi de se fixer sur les récepteurs de ses cellules cibles. On étudie ensuite les variations de la glycémie. Les résultats sont représentés dans le document 1.

1- Analyser le document 1.

2- Conclure le rôle de l'insuline ainsi mis en évidence.

Expérience 2

On mesure, en fonction de la concentration d'insuline, d'une part l'absorption du glucose par les cellules hépatiques et d'autre part l'activité d'une enzyme hépatique E, impliquée dans la glycogénogenèse. Les résultats sont présentés dans le document 2.



Concentration de l'insuline (en pg/L)	5	10	15	20	40
Taux d'absorption du glucose par les cellules hépatiques (en u.a)	10	20	40	60	90
Activité de l'enzyme hépatique E (en %)	15	45	60	75	85
document 2					

3-Interpréter les résultats représentés dans le document 2
 Expérience 3 :

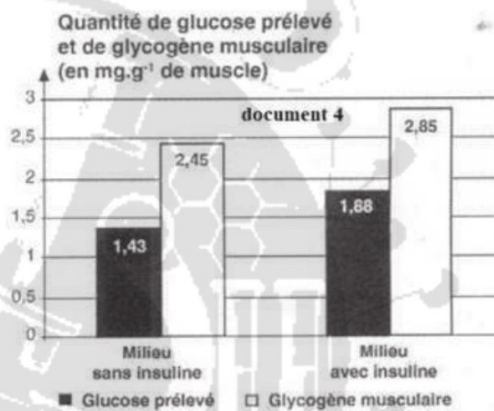
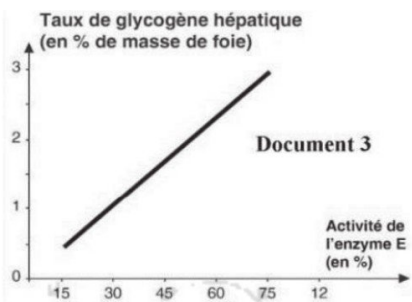
On étudie l'évolution des réserves hépatiques en glyco-
 gène. Les résultats figurent dans le document 3.

4-Dégager, du document 3, le rôle de l'enzyme E.
 Expérience 4 :

On place un muscle pendant 10 minutes dans un
 milieu glucosé contenant ou non de l'insuline.
 Ensuite, on dose la quantité de glucose prélevé par
 le muscle et la quantité de glycogène musculaire
 stocké dans chacun des milieux utilisés. Les résul-
 tats sont présentés dans le document 4.

5-Dresser un tableau montrant la variation de la
 quantité de glucose prélevé et de glycogène muscu-
 laire sans et avec insuline.

6-Que peut-on déduire quant à l'effet de l'insuline
 sur le muscle ?



EXERCICES AVEC PROPOSITIONS DE CORRIGÉS 1

1- Chez certaines personnes, le taux sanguin du glucose est anormalement élevé (ou anor-
 malement bas). Pour comprendre les causes de ces anomalies de régulation de la glycémie,
 les chercheurs ont réalisé de nombreuses observations cliniques et expérimenté chez l'ani-
 mal. Ils ont ainsi découvert les mécanismes qui commandent le stockage et la libération du
 glucose avec, en particulier, le rôle clé joué par le pancréas. Afin de comprendre ce rôle clé,
 et en vous basant sur vos connaissances, reproduisez et complétez les deux tableaux 1 et 2
 suivants :

Tableau 1	Insuline	glucagon
Origine		
Condition de sécrétion		
Effet		
Cellules-cibles		

Tableau 2	Effet de la réaction	Lieu de la réaction	Effet de l'insuline	Effet du glucagon
Réaction				
Glycogénolyse				
Glycogénogénèse				
Néoglycogénèse				
Lipogenèse				
Lipolyse				
Consommation du glu- cose par les cellules				

Remarques : - Pour l'effet de la réaction, indiquez s'il est hypoglycémiant ou hyperglycémiant.

-Pour le lieu de la réaction, précisez le type de cellules où se déroule la réaction.

- Pour l'effet de l'insuline et du glucagon, précisez si ces hormones stimulent ou inhibent la réaction.

(1) : précisez si l'effet est hypoglycémiant ou hyperglycémiant.

2-Représentez à l'aide d'un schéma commenté la régulation de la glycémie par les hormones pancréatiques.

CORRECTION

1-

Tableau 1	Insuline	Glucagon
Origine	Cellule β	Cellule α
Condition de sécrétion	Hyperglycémie	Hypoglycémie
Effet	Hypoglycémiant	Hyperglycémiant
Cellules cibles	Cellule hépatique Cellule adipeuse Cellule musculaire Toute cellule (sauf nerveuse et rénale)	Cellule hépatique cellule adipeuse

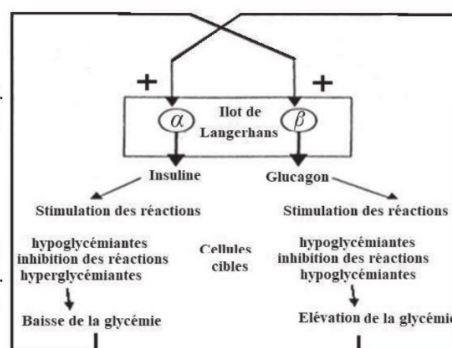
Tableau 2

Réactions	Effet de la réaction	Lieu de la réaction	Effet de l'insuline	Effet du glucagon
Glycogénolyse	Hyperglycémiant	Cellule hépatique	Inhibe la réaction	Stimule la réaction
Glycogénèse	Hypoglycémiant	Cellule hépatique cellule musculaire	Stimule la réaction	Inhibe la réaction
Néoglucogénèse	Hyperglycémiant	Cellule hépatique	Inhibe la réaction	Stimule la réaction
Lipogénèse	Hypoglycémiant	cellule adipeuse	Stimule la réaction	Inhibe la réaction
Lipolyse	Hyperglycémiant	cellule adipeuse	Inhibe la réaction	Stimule la réaction
Consommation du glucose par les cellules	Hypoglycémiant	toute cellule (sauf nerveuse et rénale)	Stimule la réaction	Inhibe la réaction

2-A chaque instant les écarts de glycémie sont détectés, dans les îlots de Langerhans par les cellules (β) et par les cellules (α) :

-Une hyperglycémie stimule les cellules β sécrétrices d'insuline hypoglycémiant. Cette hormone agit sur les cellules cibles en stimulant les réactions hypoglycémiantes et en inhibant les réactions hyperglycémiantes.

-Une hypoglycémie stimule les cellules α sécrétrices du glucagon hyperglycémiant. Cette hormone agit sur les cellules cibles (essentiellement les cellules hépatiques) en stimulant les réactions hyperglycémiantes et en inhibant les réactions hypoglycémiantes.



EXERCICES AVEC PROPOSITIONS DE CORRIGÉS 2

A- On sait que la glycémie est une caractéristique importante du milieu intérieur. Chez le rat, elle est d'environ 1 g/l. Après un repas riche en glucides, le taux de glycogène dans les cellules du foie est voisin de 3 % (exprimé par rapport à la masse totale du tissu hépatique). Si le rat est soumis à un jeûne prolongé, le taux s'abaisse à 0,1 %. Si le rat ingère du sucre, le taux s'élève à 5 %. En tenant compte uniquement de ces données et de la position anatomique du foie, expliquez comment celui-ci intervient dans le maintien de la constance de la glycémie.

B - On veut étudier, sur le foie de rat, les effets de deux substances extraites du pancréas : l'insuline et le glucagon. Les foies de rats sacrifiés 2 heures après qu'on leur eut servi un repas, sont prélevés et perfusés avec du sang provenant de rats à jeun depuis 20 heures. Le sang, rendu incoagulable et approvisionné en oxygène est envoyé dans le foie par la veine porte et en sort par les veines sus-hépatiques. On mesure la concentration du sang en glucose à l'entrée et à la sortie du foie.

On peut ainsi déterminer le bilan hépatique du glucose qui est la quantité de glucose globalement libéré par le foie dans le sang (bilan positif) ou capturé par le foie à partir du sang (bilan négatif). Ce bilan s'exprime en mg de glucose/g de foie/minute. Après 1 heure de perfusion, le bilan est nul. On ajoute alors dans le sang de la veine porte des quantités variées d'insuline et de glucagon et on détermine le bilan hépatique du glucose dans ces différentes situations expérimentales. Les résultats sont indiqués dans le document 1.

Glucagon (μ g)	Insuline (μ g)	Bilan hépatique (mg glucose/g de foie/min.)
0	0	0
0,03	0	+ 0,25
0,10	0	+ 0,36
0,10	1,2	+ 0,32
0,10	4,0	+ 0,28
0,10	12,0	+ 0,12
0,30	0	+ 0,51
0,30	1,2	+ 0,46

Justifier le protocole expérimental au regard de l'objectif proposé et en fonction de vos connaissances. Que pouvez-vous déduire du document 1 ?

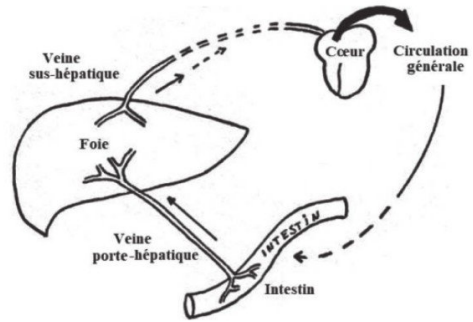
C- On veut maintenant, étudier d'autres effets de l'insuline. Le document 2 indique la consommation de glucose de fragments de tissu musculaire en présence de doses croissantes d'insuline.

Du tissu adipeux de rat est incubé, à 37°, dans un milieu renfermant du glucose radioactif et de l'insuline. On constate une nette augmentation de l'incorporation de la radioactivité dans les lipides de ce tissu lorsqu'on augmente la concentration d'insuline du milieu. Quels sont les effets de l'insuline mis en évidence par ces expériences?

Concentration du milieu en insuline (ng/ml)	0	2,5	4	10	40
Consommation de glucose par le muscle (mg/g de muscle/heure)	2,5	3,2	3,5	4,5	6,0

A - Rôle du foie dans le maintien de la glycémie

- Le foie reçoit directement par la veine porte les sucres absorbés par l'intestin. D'autre part, le foie est en relation directe avec la circulation générale par la veine sus-hépatique.



• D'après l'énoncé, il existe une relation entre les sucres alimentaires et le glycogène hépatique.

Etat physiologique	Glycogène hépatique
Repas de sucre	5 %
Jeune prolongé	0.1%
Repas riche en glucides	3 %

• Le glycogène et le glucose sont deux glucides liés par la réaction chimique



Lorsque le glucose est trop abondant dans l'alimentation (repas sucré-tendance à l'hyperglycémie), le foie stocke le glucose sous forme de glycogène : glycogénogenèse.

Lorsque le glucose manque dans l'alimentation (tendance à l'hypoglycémie), le foie hydrolyse le glycogène et libère du glucose dans le sang : glycogénolyse.

La vascularisation particulière du foie lui permet, de jouer ce rôle régulateur entre les variations de la ration alimentaire et la constance de la glycémie générale.

B - Pour déterminer l'action des 2 substances, on réalise un foie à bilan hépatique nul. Dans ce foie, les réactions chimiques glycogénolyse et glycogénogenèse s'équilibrent.

Glucagon (µg)	Bilan hépatique
0	0
0,03	+0.25
0.10	+ 0,36
0.30	+ 0.51

Foie à bilan nul : glycogénolyse = glycogénogenèse

Avec des taux de substances (insuline, glucagon) variables, on peut mesurer l'importance relative de ces 2 réactions.

Quand le taux d'insuline est nul, le glucagon est seul responsable des variations.

Insuline (µg)	Bilan hépatique
0	+ 0,36
1.2	+ 0,32
4.0	+ 0,28
12	+ 0,12

Des doses croissantes de glucagon élèvent le bilan hépatique : il stimule la glycogénolyse. Le glucagon agit à faible dose par voie sanguine; il a une action spécifique : la libération de glucose par le foie. C'est une hormone hyperglycémiante.

- Quand le taux de glucagon est maintenu constant (0,10ng), l'insuline est seule responsable des variations.

Les doses croissantes d'insuline font baisser le bilan hépatique : l'insuline favorise la glycogénogénèse. En présence d'insuline, le foie stocke du glucose sous forme de glycogène. C'est une hormone hypoglycémiante.

Conclusion : Le stockage de glucose dans le foie est contrôlé par deux hormones antagonistes qui peuvent agir simultanément.

C- In vitro, la consommation de glucose par le muscle croît régulièrement quand le taux d'insuline augmente dans le milieu de culture. L'insuline favorise l'utilisation du glucose par les cellules musculaires : c'est une action hypoglycémiante.

In vitro, l'insuline favorise l'entrée du glucose dans les cellules adipeuses et son stockage sous forme de lipides : c'est encore une action hypoglycémiante.

