

Sciences biologiques

3^{ème} année de l'enseignement secondaire
section sport

LES AUTEURS

Asma ABBES SMAOUI

Inspectrice principale

Héla KAMMOUN GUERMAZI

Professeure principale hors classe

Samiha SAHNOUN GUERMAZI

Professeure principale hors classe

Khaled ELHAMDI

Inspecteur

LES ÉVALUATEURS

Hédi BEN SALEM

Inspecteur

Abdelaziz BEN MHENNI

Inspecteur

Mohamed MTAOUAA

Inspecteur

Remerciements

Les auteurs de ce manuel remercient :

➤ Monsieur Hédi BEN SALEM, inspecteur des écoles préparatoires et des lycées,

➤ Monsieur Abdelaziz BEN MHENNI, inspecteur des écoles préparatoires et des lycées,

➤ Monsieur Mohamed MTAOUAA, inspecteur des écoles préparatoires et des lycées,

pour leurs précieuses remarques et leurs conseils suggérés dans le cadre de l'évaluation de ce manuel.

➤ L'équipe technique du CNP, pour leur contribution dans la mise en œuvre de ce manuel.

➤ Monsieur Ali CHABCHOUB professeur principal hors classe

➤ Madame Hbibba BEN MOUSSA BEN YAHYA professeure principale des SVT,

pour leur collaboration constructive

PRÉFACE

Ce manuel s'adresse aux élèves de la 3^{ème} année secondaire section sport. Il est conforme au programme officiel. Il peut être exploité en classe et en dehors de la classe.

- Il permet l'acquisition de connaissances organisées en un savoir structuré en passant du plus simple au plus complexe.
- Il développe les démarches de la pensée scientifique : observation, découverte, hypothèse, analyse, raisonnement, synthèse...
- Il permet l'adoption d'une véritable attitude scientifique devant un problème biologique.

Dans le but de construire sa progression pédagogique, l'enseignant dispose de ce manuel pour entraîner ses élèves aux démarches de raisonnement permettant une mobilisation des acquis dans la résolution de problèmes.

Ce manuel comporte trois thèmes :

Thème 1 : le milieu intérieur et sa constance : l'homéostasie.

Thème 2 : l'immunité : le maintien de l'intégrité de l'organisme.

Thème 3 : l'information génétique et son expression.

Chaque thème comporte :

- Une page de présentation introduisant le thème et posant un problème scientifique.
- Des apprentissages structurés en chapitres.

Chaque chapitre comporte les rubriques suivantes :

- **Une page de présentation** se terminant par les objectifs visés par le programme.
- **Des pré-requis** : cette rubrique comporte une récapitulation des connaissances acquises au cours des apprentissages antérieurs ; cette récapitulation permet de consolider les savoirs sur lesquels seront construites les nouvelles connaissances.
- **Une situation problème** qui propose une situation réelle motivante conduisant à la formulation d'un problème scientifique.
- **Des activités** : cette rubrique propose des documents (sous forme de photos, de schémas, de textes, de graphiques, de tableaux de mesure...) ; les documents sont numérotés. Chaque document est suivi par une tâche à faire effectuée par les élèves ; cette tâche porte le même numéro que le document. Une tâche peut comporter une (ou plusieurs) question(s).

Un document peut comporter parfois une information supplémentaire inscrite en gras dans un encadré coloré, cette information aide l'élève à répondre à la tâche.

Les activités seront réalisées individuellement ou en équipe permettant aux élèves, avec l'aide de leur professeur, de :

- construire les connaissances et développer graduellement des capacités visées par les objectifs du programme.
- résoudre le problème scientifique posé.
- **Un bilan** : cette rubrique regroupe les notions fondamentales à retenir et qui ont été dégagées lors de la réalisation des différentes activités. Il peut être présenté sous forme de texte, de schéma fonctionnel
- **Un savoir plus** : cette rubrique comporte de nouveaux contextes d'application du savoirs et du savoir-faire acquis et des perspectives de leur réinvestissement.
- **Des exercices d'évaluation** qui sont libellés dans un ordre croissant de difficulté et qui permettront de tester les différentes capacités chez les apprenants : la restitution des connaissances (mémorisation et compréhension) et la mobilisation des connaissances (application, analyse, synthèse ...).

Les auteurs

TABLE DES MATIÈRES

THEME I : LE MILIEU INTÉRIEUR ET SA CONSTANCE =L'HOMÉOSTASIE

Chapitre 1 : Le milieu intérieur et ses caractéristiques.....	page 6
Chapitre 2 : Le rôle du néphron dans la régulation de l'équilibre hydrominéral.....	page 21
Chapitre 3 : La régulation de la glycémie.....	page 47
Chapitre 4 : Les moyens de prévention du diabète.....	page 70
Chapitre 5: Hygiène du milieu intérieur.....	page 83

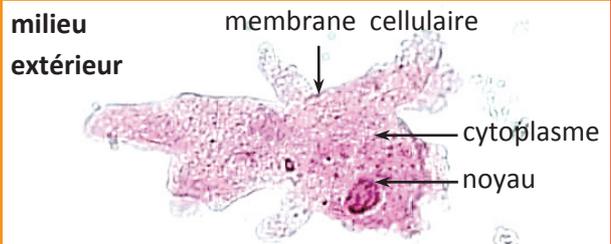
THEME II : IMMUNITÉ = MAINTIEN DE L'INTEGRITE DE L'ORGANISME

Chapitre 1 : Le soi et le non soi.....	page 97
Chapitre 2 : Les organes et les cellules de l'immunité.....	page 113
Chapitre 3 : Les étapes de la réponse immunitaire spécifique.....	page 134
Chapitre 4 : Dysfonctionnement du système immunitaire.....	page 161

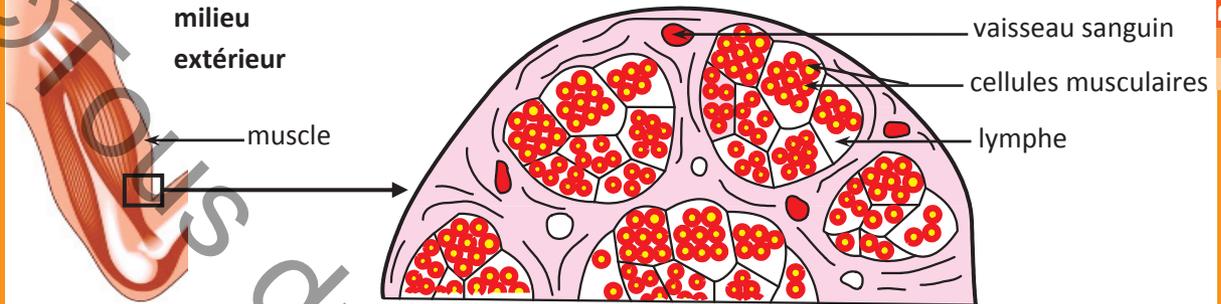
THEME III : L'INFORMATION GÉNÉTIQUE ET SON EXPRESSION

Chapitre 1 : Notion de caractère héréditaire, d'information génétique, de phénotype et de génotype.....	page 178
Chapitre 2 : Localisation, nature et structure de l'information génétique	page 191
Chapitre 3 : Origine de la diversité.....	page 206
Chapitre 4 : Du génotype au phénotype : expression de l'information génétique	page 237
Chapitre 5 : Transmission d'un couple d'allèles chez les diploïdes.....	page 253

Les organismes unicellulaires, comme l'amibe, vivent dans un liquide à partir duquel ils absorbent l'oxygène et les aliments et dans lequel ils rejettent les déchets : ils font les échanges nécessaires à leur vie directement avec le milieu extérieur.

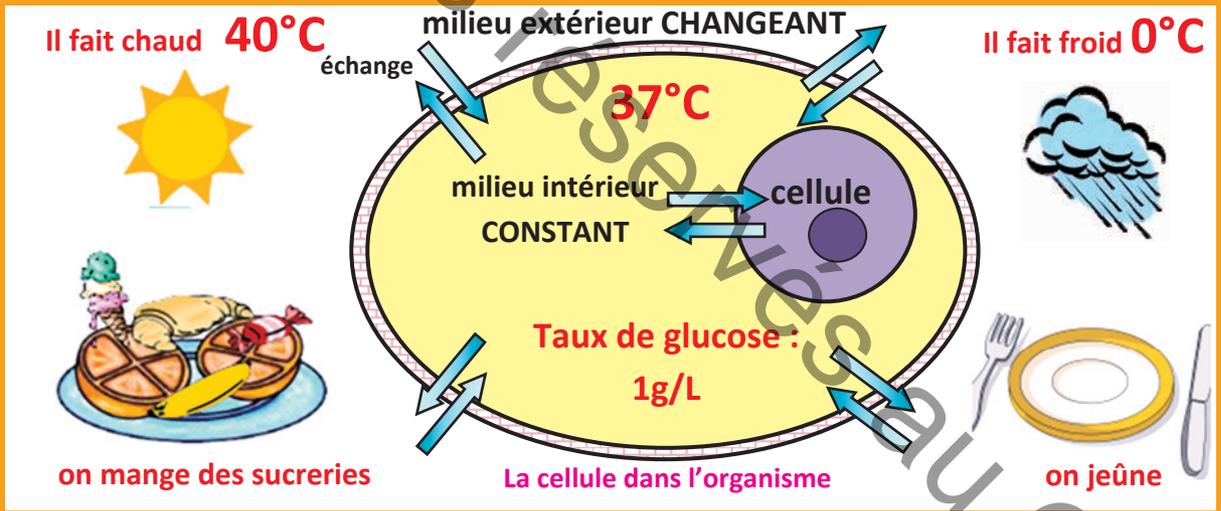


Une amibe dans l'eau d'une mare



Structure microscopique du muscle squelettique coupé transversalement

Chez les organismes pluricellulaires, comme l'être humain, les cellules sont généralement éloignées du milieu extérieur ; elles sont groupées en tissus et organes et font leurs échanges avec le milieu extracellulaire formé de sang et de lymphe, appelé milieu intérieur, qui sert d'intermédiaire entre les cellules et le milieu extérieur.



D'après Claude Bernard, fondateur de la notion de milieu intérieur,
 « le milieu intérieur est un véritable produit de l'organisme, il conserve des rapports nécessaires d'échanges et d'équilibre avec le milieu cosmique extérieur »
 « la fixité du milieu intérieur est la condition d'une vie libre et indépendante »

Comment l'organisme assure-t-il la « fixité » ou constance du milieu intérieur ?

- Chapitre 1 : Le milieu intérieur et ses caractéristiques
- Chapitre 2 : Le rôle du néphron dans la régulation de l'équilibre hydrominéral
- Chapitre 3 : La régulation de la glycémie
- Chapitre 4 : Les moyens de prévention du diabète
- Chapitre 5: Hygiène du milieu intérieur



1. Un sujet mesure sa glycémie



2. Un biologiste prélève le sang d'un patient pour l'analyser



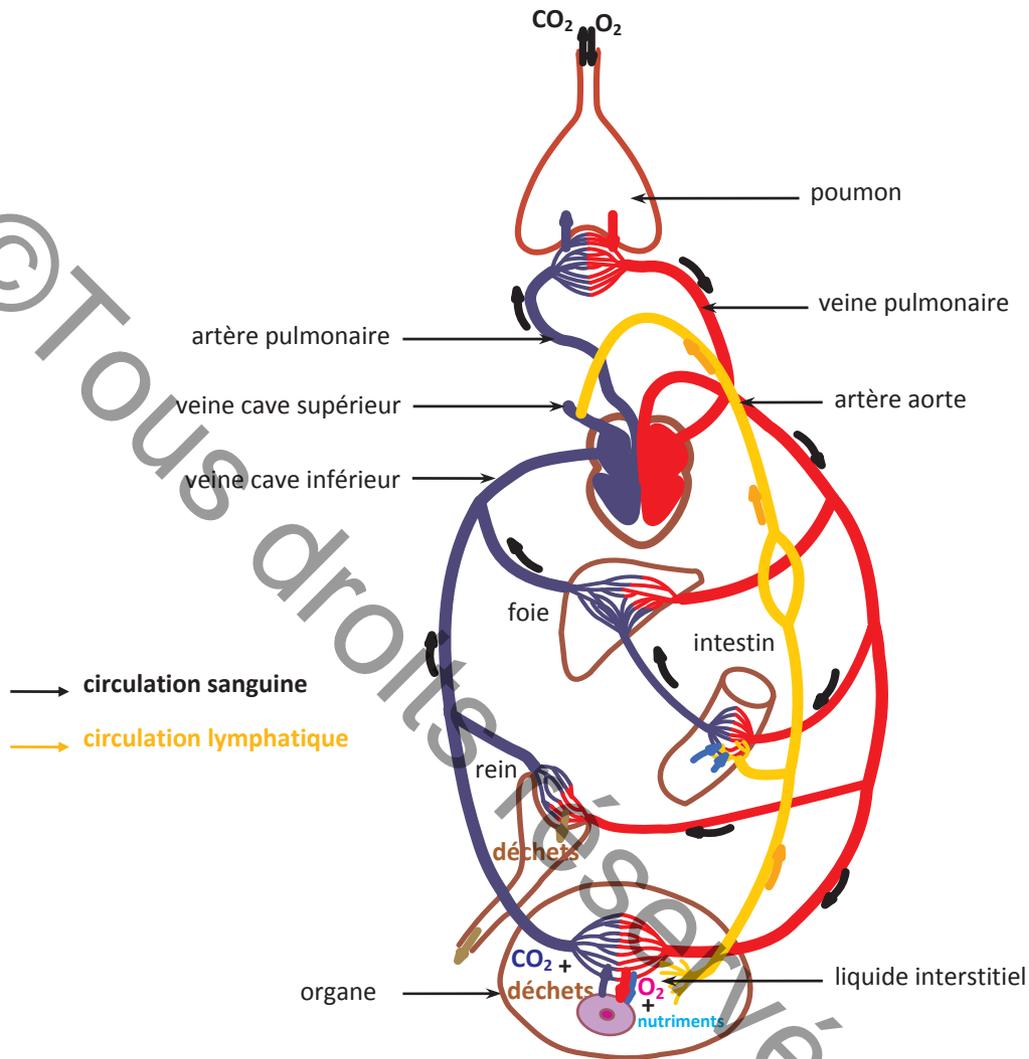
3. Un infirmier mesure la pression artérielle d'un patient



4. Un parent mesure la température de sa fille

OBJECTIF : Distinguer les compartiments du milieu intérieur et indiquer ses caractéristiques physico chimiques.

LE SYSTÈME CIRCULATOIRE



2. L'appareil circulatoire

Le sang circule dans des vaisseaux sanguins qui forment avec le cœur l'appareil cardiovasculaire.

Le cœur, par ses contractions rythmées, fait circuler le sang en sens unique.

Parmi les vaisseaux sanguins, on distingue :

- **les artères** qui conduisent le sang du cœur vers les organes.
- **les veines** qui conduisent le sang des organes vers le cœur.
- **les capillaires**, vaisseaux très fins et organisés en réseau dans les organes.

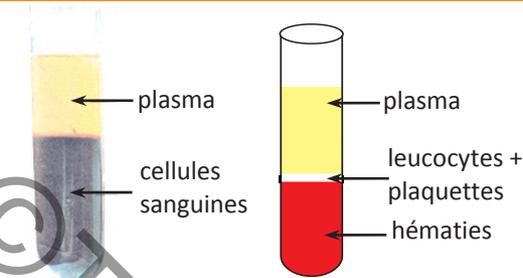
La lymphe circule dans des **vaisseaux lymphatiques**. Cette lymphe rejoint la circulation sanguine à l'entrée du cœur au niveau de la veine cave supérieure.

La circulation sanguine apporte aux organes des nutriments en provenance de l'intestin (eau, glucose, acides aminés, acides gras, ions minéraux, vitamines) et du dioxygène en provenance des poumons. Ces substances passent dans le liquide interstitiel pour être prélevées par les cellules.

Les déchets du fonctionnement cellulaire (CO₂ et déchets azotés) libérés dans le liquide interstitiel sont pris en charge par le sang. Ces déchets peuvent être évacués dans le milieu extérieur respectivement au niveau des poumons et des reins.

LES ÉTATS DU SANG

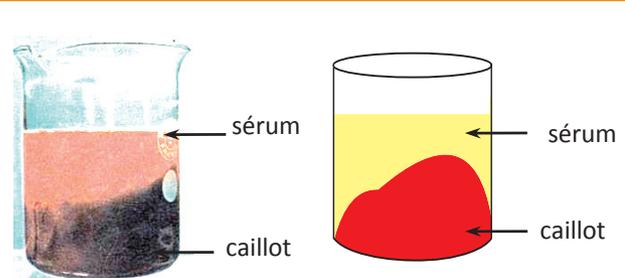
Sang sédimenté



2a. Sang sédimenté 2b. Schéma d'interprétation

Le sang traité à l'oxalate de calcium (anticoagulant) ne coagule pas : il sédimente. Ainsi sont séparés les globules rouges ou hématies (43 % du volume total), les globules blancs ou leucocytes et les plaquettes (2 %) et un liquide jaune le plasma (55 %).

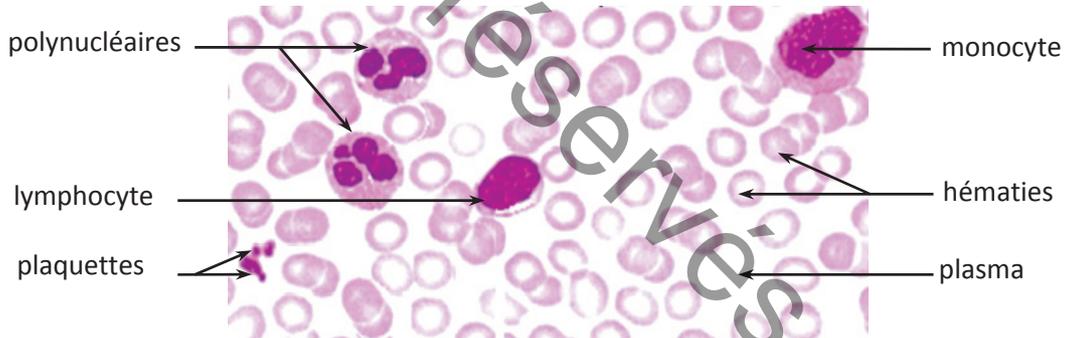
Sang coagulé



3a. Sang coagulé 3b. Schéma d'interprétation

En dehors des vaisseaux, le sang coagule si on n'ajoute pas d'anticoagulant ; certaines substances du plasma forment alors un réseau fibreux (fibrine) qui emprisonne les globules formant ainsi un caillot (globules et fibrine). Le liquide qui surnage est le sérum (plasma sans fibrine).

LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU SANG



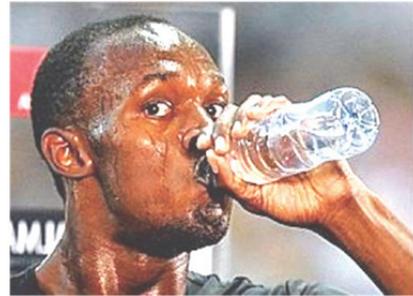
4. Frottis sanguin coloré observé au microscope

Le sang est formé par des cellules, pour près de sa moitié (hématies, leucocytes et plaquettes) et par du plasma.

- ❖ **les hématies**, encore appelées globules rouges, ont pour rôle fondamental de transporter le dioxygène des poumons vers les tissus.
- ❖ **les leucocytes**, encore appelés globules blancs, comprennent différents types cellulaires (polynucléaires, lymphocytes et monocytes). Elles ont un rôle essentiel dans la défense de l'organisme contre les infections microbiennes.
- ❖ **les plaquettes** sont des fragments cellulaires qui interviennent dans la formation du caillot sanguin et donc dans l'arrêt des hémorragies.
- ❖ **le plasma** est un liquide jaune clair composé essentiellement d'eau ; il contient en solution diverses substances : gaz, molécules et ions qu'il se charge de transporter.

Le sport et la chaleur favorisent la sudation pour abaisser la température corporelle.

La sudation entraîne des pertes d'eau et de sels minéraux qui doivent être compensées par un apport d'eau minérale.



1. Un athlète en train de boire de l'eau

En cas de déshydratation consécutive à une diarrhée, il y a perte de grandes quantités d'eau et de sels. Si la déshydratation n'est pas traitée d'urgence par une perfusion intraveineuse d'un liquide physiologique (solution de chlorure de sodium de concentration 9 g/L), le sujet peut perdre conscience et même entrer en état de coma.



2. Un patient perfusé.

On réalise l'observation microscopique d'hématies placées dans différentes solutions de chlorure de sodium (NaCl). Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Solutions	Solution de NaCl à 9g/L	solution de NaCl à 1g/L	Solution de NaCl à 20g/L
Aspect des hématies	 hématie normale de même volume que celui d'une hématie observée dans le plasma sanguin.	 hématie gonflée et hématie éclatée suite à une entrée excessive d'eau.	 hématie crenelée suite à une perte d'eau.

3. Observation microscopique d'hématies placées dans 3 solutions de concentrations différentes en chlorure de sodium (NaCl)

Ces résultats expérimentaux permettent de déduire que si dans l'organisme les liquides extracellulaires se concentrent, ils retirent de l'eau aux cellules. S'ils se diluent, les cellules se gonflent et peuvent éclater. Dans les deux cas, des troubles graves voire mortels peuvent apparaître.

Ainsi les cellules ne peuvent pas vivre dans un environnement dont la composition subit de grandes variations.

Toutes perturbations des caractéristiques chimiques ou physiques de l'environnement cellulaire ou milieu intérieur doivent être corrigées pour préserver l'état et le fonctionnement normal des cellules.

Comment les caractéristiques physico-chimiques du milieu intérieur préservent-elles les fonctions vitales des cellules ?

Comment les liquides du milieu intérieur sont-ils répartis dans l'organisme ?

I- LES CONSTANTES BIOLOGIQUES DU MILIEU INTÉRIEUR

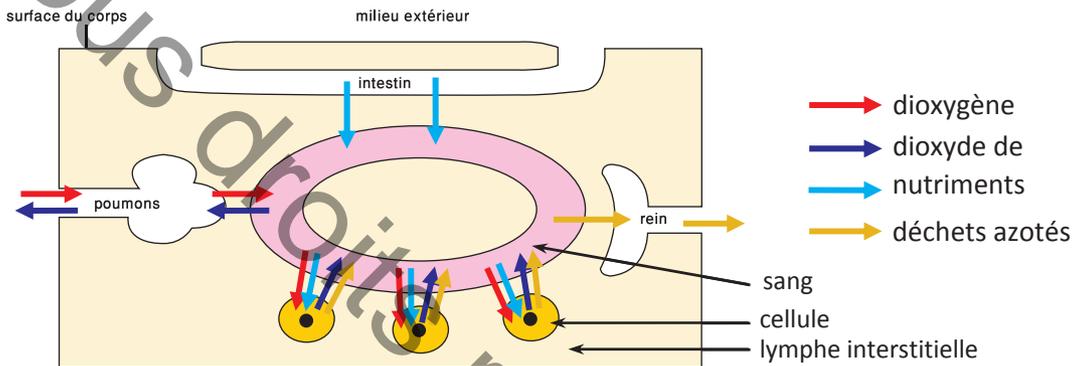
Activité 1 :

Document 1 : Nécessité d'un milieu intérieur

Pour assurer les différentes fonctions, toute cellule vivante réalise des échanges avec le milieu environnant.

Dans le cas d'un organisme pluricellulaire tel que le corps humain, les cellules ne sont pas directement en contact avec le milieu extérieur, elles baignent dans le **milieu intérieur** formé de sang et de lymphe qui sert d'intermédiaire entre elles et le milieu extérieur.

Le sang par sa mobilité assure la liaison entre les cellules et le milieu extérieur. Etant donné que les cellules ne baignent pas directement dans le sang, c'est le liquide interstitiel formé de lymphe qui sert d'intermédiaire entre les cellules et le sang.



1. Modélisation de l'organisme

Tâche 1:

Montrer que l'existence de milieu intérieur est nécessaire pour la vie de la cellule.

Activité 2 :

Document 2 : Des résultats d'analyses chimiques de sangs

Pour s'assurer de l'état de santé de leurs patients, les médecins demandent des analyses chimiques du sang.

Le tableau suivant représente les valeurs normales de certains constituants du plasma sanguin, ainsi que les résultats d'analyses de sang chez 4 sujets dont l'un est sain et les autres malades.

Constituants	Taux sanguins				
	Valeurs normales	Sujet A	Sujet B	Sujet C	Sujet D
Glucose (g/L)	0,85 à 1,15	1	2,5	0,95	1
Urée (g/L)	0,15 à 0,45	0.22	0,3	0,33	0,3
Acide urique (g/L)	30 à 70	34	35	40	45
Cholestérol (g/L)	1,5 à 2,2	1,9	2 g	3,2	1,8
Fer µg/100 mL	90 à 150	101	98	120	60
potassium meq/L	3,8 à 5	4	4,5	3,9	4,6
sodium meq/L	140 ±5	142	140	145	141

Tâche 2 :

Exploiter les données du document 2 pour :

- justifier que le sujet A est sain.
- déduire la cause de la maladie chez chacun des sujets B, C et D.

Document 3 : Causes et symptômes de quelques maladies

Maladies	Causes	Symptômes
Diabète	taux sanguin de glucose anormalement élevé	- soif intense - émission fréquente d'urine - apparition du glucose dans l'urine
Athérosclérose	taux sanguin de cholestérol anormalement élevé	- douleurs des membres inférieurs lors de la marche. - diminution du diamètre interne des artères par dépôt de plaque d'athérome.
Anémie	taux sanguin de fer anormalement bas	- pâleur liée à la réduction de synthèse d'hémoglobine - essoufflement au moindre effort lié à une mauvaise oxygénation des tissus

Tâche 3 :

A partir des déductions précédentes et des données du document 3, identifier la maladie correspondant à chacun des sujets B, C et D.

Document 4 : Résultats d'analyse du sang des sujets B, C et D après traitements appropriés

Constituants	Taux sanguins			
	Valeurs normales	Sujet B	Sujet C	Sujet D
Glucose	0,85 à 1,15 g/l	1,4 g/l	0,95 g/l	1 g/l
Cholestérol	1,5 à 2,2 g/l	2 g/l	2,5 g/l	1,8 g/l
Fer	90 à 150 µg/100ml	98 µg/100 ml	120 µg/10ml	80 µg/100ml

Tâche 4 :

En comparant les résultats obtenus pour les sujets B, C et D dans les documents 2 et 4, préciser l'effet des traitements.

Document 5 : Notion de constantes biologiques

Le sang, constituant essentiel du milieu intérieur, reçoit en permanence des nutriments minéraux et organiques provenant du milieu extérieur et des déchets résultant de l'activité cellulaire. Pourtant, chez un individu normal, les taux sanguins sont sensiblement constants variant légèrement entre 2 valeurs proches : l'une minimale et l'autre maximale ; on les qualifie de constantes biologiques.

Tâche 5 :

En intégrant les déductions précédentes et les données du document 5,

- 1) établir la relation entre l'état de santé et les valeurs des concentrations des constituants chimiques du plasma sanguin.
- 2) proposer une explication à la constance des concentrations des composants chimiques du sang chez un sujet sain malgré l'existence de causes de variation.

Document 6 : Quelques caractéristiques physiques du milieu intérieur

La température corporelle

Chez une personne saine, la température corporelle est en moyenne de 37°C, variant normalement entre 36,4° et 37,2° quelles que soient les conditions de l'environnement et de l'activité physique : C'est l'homéothermie.

- ❖ Une baisse de la température ou **hypothermie** apparaît à la suite d'une exposition prolongée au froid ; dans ce cas, il peut se produire une confusion et une perte de connaissance et même un arrêt du cœur en cas d'hypothermie sévère.
- ❖ Une élévation de la température ou **hyperthermie** qui apparaît lors d'une infection provoque des troubles des fonctions cellulaires en particulier des cellules nerveuses ce qui peut entraîner le délire et la perte de la conscience.

Toute variation importante de la température fait intervenir des mécanismes visant à annuler cette variation et donc, à maintenir constante la température corporelle. Ces réactions thermorégulatrices sont commandées par une région du cerveau, appelée l'hypothalamus.

Le pH

Le pH du milieu intérieur est remarquablement stable, entre 7,35 et 7,45. Les cellules des différents tissus, en particulier les cellules nerveuses, sont sensibles à la moindre variation du pH.

- ❖ L'abaissement du PH ou **acidose** entraîne un ralentissement de l'activité nerveuse et une diminution de la fonction cardiaque.
- ❖ L'augmentation du PH ou **alcalose** entraîne des troubles respiratoires et nerveux graves qui peuvent aboutir à la mort.

Toute variation importante du pH fait intervenir des mécanismes régulateurs comme les systèmes tampons et les systèmes d'élimination, visant à annuler cette variation et donc, à maintenir constant le pH du milieu intérieur.

La pression artérielle

La pression artérielle est la force exercée par le sang sur la paroi des artères. Elle dépend :

- de l'activité cardiaque
- de la vasomotricité (variation du diamètre des artères).
- de la volémie (volume sanguin).

La pression artérielle varie entre une valeur minimale de l'ordre de 8 cm Hg et une valeur maximale de l'ordre de 12cm Hg.

- ❖ Une baisse de la pression artérielle ou **hypotension** entraîne l'évanouissement et même la syncope (perte de conscience due à une diminution du débit sanguin dans le cerveau).
- ❖ Une augmentation importante de la pression artérielle ou **hypertension** peut entraîner des accidents vasculaires cérébraux (ou AVC).

Toute variation importante de la pression artérielle fait intervenir des mécanismes régulateurs nerveux et hormonaux dont les principaux effecteurs sont le cœur, les artères et les reins visant à ramener la valeur de la pression artérielle à la normale.

Tâche 6 :

- 1) Exploiter les informations fournies par le document 6 pour montrer la relation entre les valeurs des paramètres physiques du milieu intérieur et l'état de santé de l'organisme.
- 2) En quoi les données concernant les paramètres physiques du milieu intérieur confirment l'explication proposée dans la réponse à la 2^{ème} question du document 5 ?
- 3) Intégrer les déductions dégagées des activités 1, 2 et 3 pour définir la constance du milieu intérieur (ou homéostasie).

Activité 4

Document 7 : Les compartiments liquidiens de l'organisme

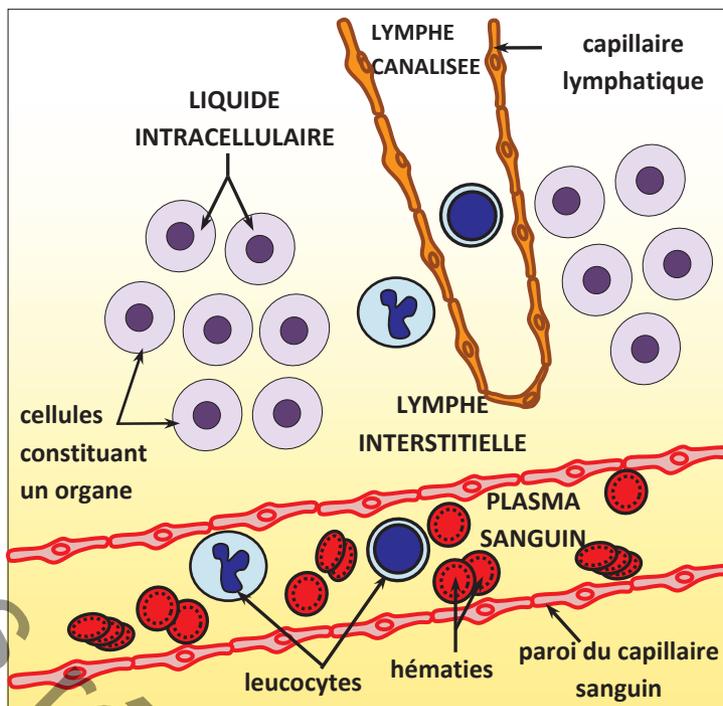
7a. Les liquides de l'organisme, qui représentent en moyenne 65 % de la masse corporelle d'un adulte, se répartissent en deux compartiments :

➤ Le compartiment intracellulaire (45 % de la masse corporelle) se trouve à l'intérieur des cellules et il est limité par la membrane cytoplasmique.

➤ Le compartiment extracellulaire (20 % de la masse corporelle) se trouve à l'extérieur des cellules et comprend deux liquides :

- le plasma (5 %) : partie liquide du sang circulant dans les vaisseaux sanguins.

- la lymphe (15 %) : répartie en lymphe interstitielle située dans l'espace intercellulaire et lymphe canalisée circulant par les vaisseaux lymphatiques.



2. Compartiments liquidiens de l'organisme

Tâche 7 :

- 1) Identifier les différents compartiments liquidiens de l'organisme.
- 2) Préciser les compartiments qui composent le milieu intérieur.

7b. Le tableau suivant représente les concentrations de divers constituants du plasma sanguin et de la lymphe

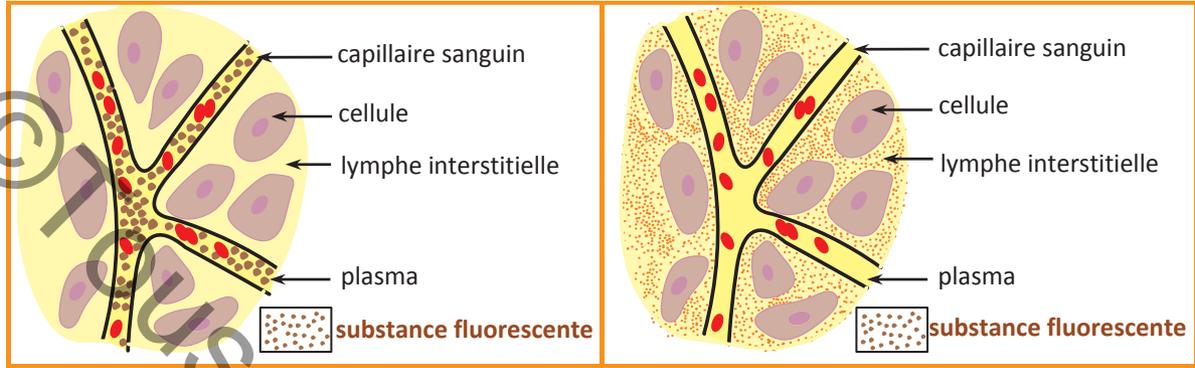
	eau (g/L)	protéines (g/L)	lipides (g/L)	glucose (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	Cl ⁻ (mmol/L)	Ca ⁺⁺ (mmol/L)
plasma	910	70	6	5,1	140	4,8	101	2,5
lymphe interstitielle	970	4	6	5	140	5	103	2,5

Tâche 7 :

- 3) Comparer la composition chimique du plasma et celle de la lymphe interstitielle.
- 4) Proposer une hypothèse quant à l'origine de la lymphe.

Document 8 : Origine de la lymphe

Pour préciser l'origine de la lymphe, on réalise l'expérience suivante : une substance fluorescente est injectée dans les capillaires sanguins au niveau d'un tissu (figure 3a). Le résultat obtenu après quelques minutes est représenté dans la figure 3b.



3a. Début de l'expérience

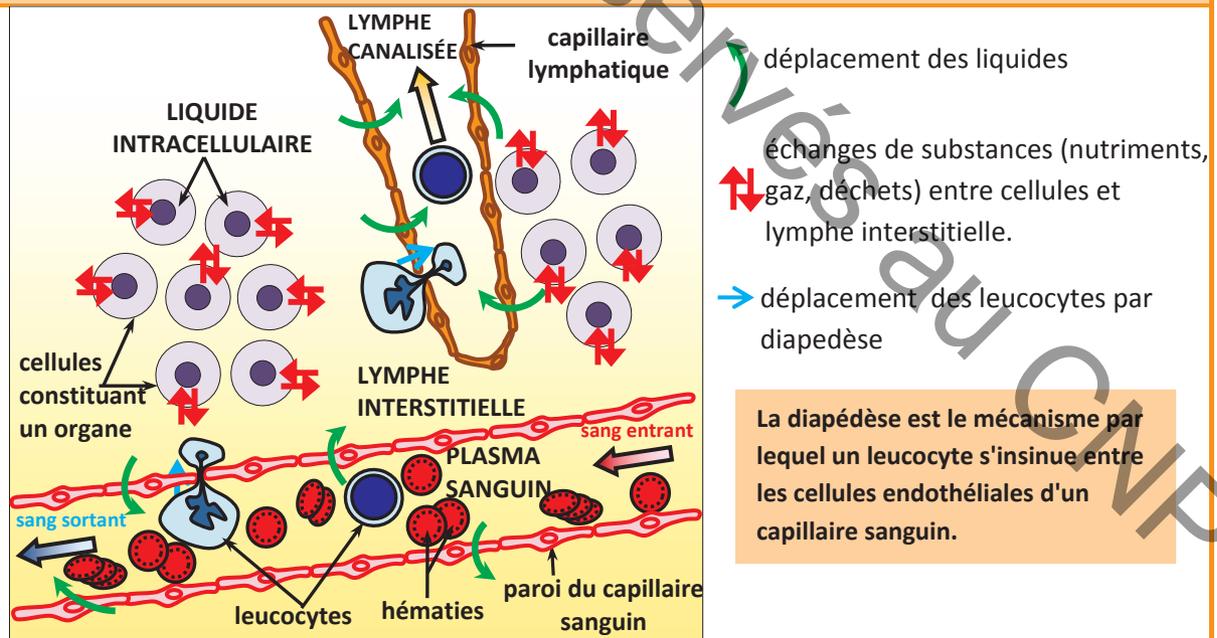
3b. Résultat après quelques minutes

Une molécule fluorescente possède la propriété d'absorber de l'énergie lumineuse et de l'émettre rapidement sous forme de lumière fluorescente d'où on peut localiser cette molécule.

Tâche 8 :

- 1) a- Analyser le résultat de l'expérience du document 8.
b- Montrer en quoi ce résultat confirme l'hypothèse émise précédemment.
- 2) Sachant que la paroi des capillaires comporte des pores qui laissent passer l'eau et les petites particules (molécules et ions), donner une explication à la différence entre le plasma et la lymphe mise en évidence dans le document 7b.

Document 9 : Relation entre les différents compartiments liquidiens



→ déplacement des liquides
 ↕ échanges de substances (nutriments, gaz, déchets) entre cellules et lymphe interstitielle.
 → déplacement des leucocytes par diapédèse

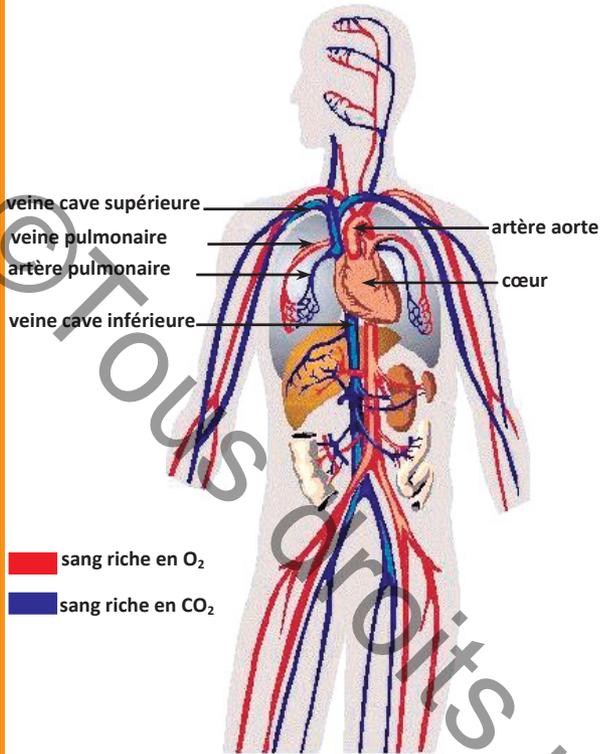
La diapédèse est le mécanisme par lequel un leucocyte s'insinue entre les cellules endothéliales d'un capillaire sanguin.

4. Échanges entre les compartiments liquidiens de l'organisme

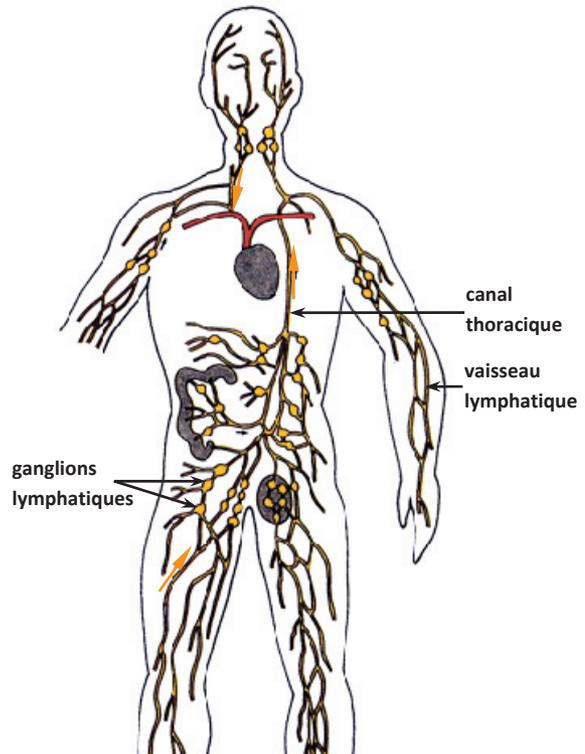
Tâche 9 :

- 1) Préciser l'importance de la lymphe interstitielle pour la cellule.
- 2) Expliquer la présence de leucocytes dans la lymphe.

Document 10: Les systèmes circulatoires



5a. Le système cardiovasculaire



5b. Le système lymphatique

Le système cardiovasculaire ou l'appareil circulatoire est l'ensemble des vaisseaux sanguins et du cœur qui assure la circulation du sang.

Les artères assurent le transport du sang du cœur vers les organes et les veines assurent le transport du sang des organes vers le cœur ; c'est une circulation à double sens dans un circuit fermé.

Le système lymphatique est l'ensemble des vaisseaux et des ganglions lymphatiques qui assure le drainage de la lymphe interstitielle des tissus vers la circulation sanguine par l'intermédiaire de la veine cave supérieure.

Contrairement à la circulation sanguine, la circulation lymphatique est à sens unique.

Tâche 10 :

« La lymphe se forme à partir du sang et revient au sang ».

- 1) Utiliser les données des documents 9 et 10 ainsi que les déductions précédentes pour expliquer cette affirmation.
- 2) Déduire comment l'environnement cellulaire est renouvelé.

I- LES CONSTANTES BIOLOGIQUES DU MILIEU INTÉRIEUR

Le milieu intérieur est le milieu liquide dans lequel baignent les cellules du corps : il est formé par le plasma sanguin et la lymphe.

Le sang est en contact avec le milieu extérieur au niveau de trois surfaces d'échange : l'intestin, les poumons et les reins. Il approvisionne les cellules en nutriments en provenance de l'intestin et du dioxygène en provenance des poumons et il les débarrasse des déchets de leur fonctionnement

Ainsi, le milieu intérieur sert d'intermédiaire entre les cellules et le milieu extérieur et constitue le milieu de vie des cellules de l'organisme. **(activité1)**

Des analyses chimiques montrent que la composition du sang est relativement constante chez un individu en bonne santé ; chaque paramètre varie légèrement entre 2 valeurs proches : l'une minimale et l'autre maximale. On les qualifie de **constantes biologiques**.

Toute variation anormale vers la hausse ou vers la baisse de la concentration d'un composant chimique (glucose, cholestérol, fer...) ou de la valeur d'un paramètre physique (température, pH, pression artérielle) du milieu intérieur entraîne des perturbations plus au moins graves du fonctionnement cellulaire qui peuvent parfois se manifester par des maladies (diabète, hypertension, athérosclérose, anémie.....).

Ainsi, la constance du milieu intérieur est une condition fondamentale au fonctionnement normal des cellules et au maintien de la bonne santé.

Or, l'organisme est soumis à des facteurs externes (variation de la température, des apports alimentaires ...) et à des facteurs internes (produits de l'activité cellulaire...) qui tendent à modifier la constance du milieu intérieur. L'organisme normal possède des systèmes régulateurs qui corrigent en permanence les perturbations menaçant l'équilibre du milieu intérieur pour ainsi garder la stabilité de ces différents paramètres.

L'ensemble des réactions de l'organisme qui maintiennent la constance du milieu intérieur constitue l'homéostasie.

Toutefois, chez les malades, certains mécanismes régulateurs sont inefficaces et n'arrivent pas à corriger les variations de certains paramètres physicochimiques d'où la nécessité d'un traitement spécifique pour chaque maladie. **(activités 2 et 3)**

II- LES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS DU MILIEU INTÉRIEUR

❖ **Les liquides de l'organisme** se répartissent en deux compartiments :

- Le compartiment intracellulaire limité par la membrane cytoplasmique.
- Le compartiment extracellulaire qui comprend deux liquides :
 - Le plasma : partie liquide du sang circulant dans les vaisseaux sanguins.
 - La lymphe: qui est répartie en lymphe interstitielle (située dans l'espace intercellulaire) et lymphe canalisée drainée par les vaisseaux lymphatiques.

❖ **Le milieu intérieur** est l'ensemble des liquides extracellulaires. Il est constitué par le plasma sanguin, la lymphe interstitielle et la lymphe canalisée.

❖ **Formation de la lymphe.**

La comparaison de la composition du plasma et celle de la lymphe montre que la lymphe comporte les mêmes substances que le plasma avec des concentrations très proches sauf les protéines qui sont beaucoup plus concentrées dans le plasma que dans la lymphe. En effet, la lymphe interstitielle se forme à partir du plasma sanguin : l'eau, les ions et les molécules de faible poids moléculaire du plasma passent du capillaire sanguin vers l'espace intercellulaire à travers les pores de la paroi des capillaires ; ce n'est pas le cas des grosses protéines à poids moléculaire élevé et des hématies. Les leucocytes peuvent traverser la paroi des capillaires par diapédèse.

La lymphe interstitielle est le véritable milieu de vie des cellules avec lequel elles font directement des échanges de substances diverses : elles y puisent des nutriments et du dioxygène nécessaires à leur nutrition et y rejettent les déchets de leur fonctionnement.

❖ **Circulation de la lymphe**

La lymphe interstitielle remplit les espaces intercellulaires mais n'y stagne pas ; une partie regagne les capillaires sanguins, une autre partie se dirige vers les capillaires lymphatiques qui prennent naissance au niveau des organes. La lymphe qui y circule est **la lymphe canalisée**. Les capillaires lymphatiques se réunissent ensuite pour former de gros vaisseaux qui permettent à la lymphe de rejoindre la circulation sanguine. Ainsi, la lymphe provient du sang et revient au sang.

C'est grâce à la circulation lymphatique et sanguine que l'environnement cellulaire est constamment renouvelé. (activité 4)

I- RESTITUTION DES CONNAISSANCES

Exercice 1 : questions aux choix multiples (QCM)

Pour chacun des items suivants, il peut y avoir une ou deux réponse(s) correcte(s). Repérer pour chaque item la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux deux) réponse(s) correcte(s).

1) Le milieu intérieur est constitué :

- a) du liquide interstitiel.
- b) de toute l'eau corporelle.
- c) de l'ensemble des liquides intracellulaires.
- d) du plasma, de la lymphe canalisée et de la lymphe interstitielle.

2) La lymphe interstitielle :

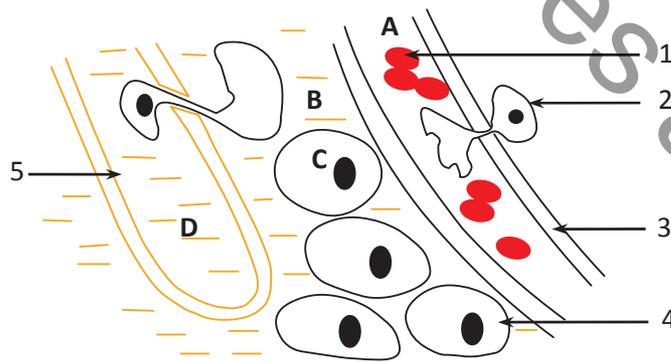
- a) est plus riche en protéines que le plasma sanguin.
- b) contient des globules rouges et des globules blancs.
- c) est l'un des compartiments liquidiens du milieu intérieur.
- d) sert d'intermédiaire pour les échanges entre le sang et les cellules.

3) Les vaisseaux lymphatiques :

- a) transportent des globules rouges.
- b) transportent des globules blancs.
- c) font circuler la lymphe dans deux sens.
- d) font circuler la lymphe dans un seul sens.

Exercice 2

Le document 1 représente une observation microscopique d'une coupe partielle au niveau d'un tissu montrant les différents compartiments liquidiens.



- 1) Identifier les éléments repérés par les numéros de 1 à 5 et les compartiments liquidiens repérés par les lettres A, B, C et D.
- 2) Préciser les compartiments liquidiens qui constituent le milieu intérieur.
- 3) Sur le document 1, indiquer par des flèches le sens de déplacement des liquides entre les différents compartiments.
- 4) a- Préciser la principale caractéristique du milieu intérieur.
b- Expliquer comment est assurée la constance des paramètres du milieu intérieur.

Exercice 3

- 1) Définir le milieu intérieur et l'homéostasie.
- 2) Des variations du milieu intérieur provoquent des perturbations et peuvent mettre en danger la santé de l'organisme. Parmi ces perturbations, on peut citer l'acidose et l'hypertension.

Préciser la signification des termes soulignés.

II- MOBILISATION DES CONNAISSANCES

Exercice 4

Afin de déterminer les relations entre les compartiments du milieu intérieur, on propose le texte suivant qui décrit les échanges liquidiens à travers les parois capillaires.

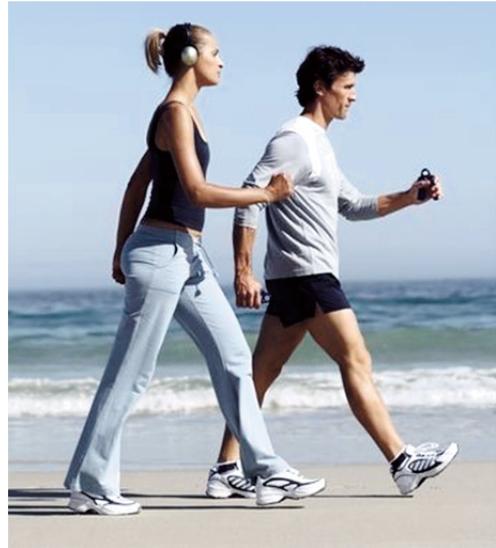
La paroi des capillaires sanguins est relativement mince comportant des pores de 8 nanomètres de diamètre qui ne permettent que le passage d'eau et des particules de petite taille.

Au niveau de l'ensemble des capillaires sanguins de l'organisme, 20 litres de plasma passent vers le milieu interstitiel en 24 heures. 18 litres de liquide retournent dans les capillaires sanguins ; la différence, soit 2 litres de liquide traversent la paroi des capillaires lymphatiques pour circuler dans ces capillaires puis rejoindre le sang au niveau de la veine cave supérieure.

- 1) Exploiter les données de ce texte pour préciser l'origine de la lymphe interstitielle et de la lymphe canalisée.
- 2) En se basant sur les données de ce texte et sur les connaissances requises, schématiser les compartiments liquidiens de l'organisme au niveau d'un tissu ainsi que les relations entre ces différents compartiments.

Sport et bonne santé

- ❖ Pratiquer une activité sportive permet :
 - d'avoir une bonne condition physique,
 - de s'épanouir psychologiquement,
 - de prévenir beaucoup de maladies comme les maladies cardio-vasculaires, l'hypertension artérielle, le cancer....
 - de maîtriser le stress
 - de maintenir un poids idéal.
- ❖ Le sport a également une action préventive et curative du diabète en raison de son effet hypoglycémiant. En effet,
 - Le dosage de la glycémie avant le début d'un sport et une à deux heures après un effort de 30 minutes environ, met en évidence une baisse significative de la glycémie
 - Pratiquer une activité physique représente un véritable traitement du diabète, aussi important que les règles diététiques et les médicaments.
 - Gary Hall, sportif américain de haut niveau, atteint d'un diabète, a gagné plusieurs médailles aux jeux olympiques de sydney en 2002.



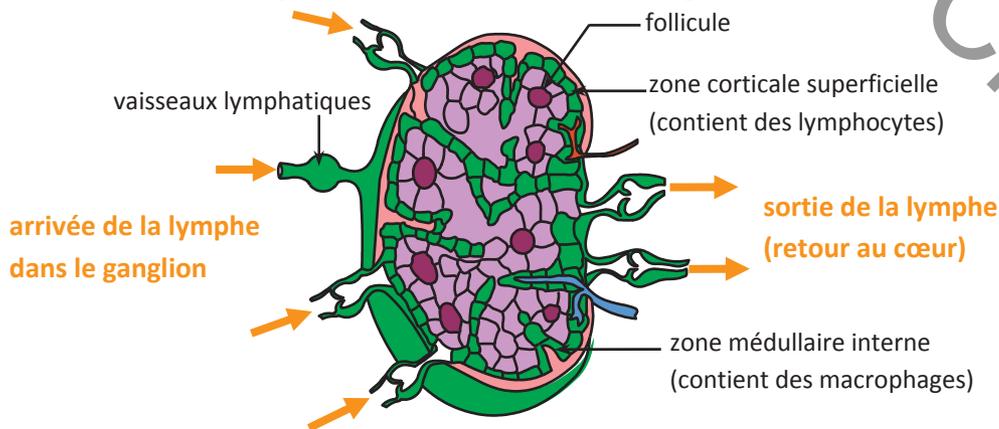
1. Pratique du sport



2. Le nageur Gary Hall

Le ganglion lymphatique

Un ganglion lymphatique est un organe situé sur le trajet des vaisseaux lymphatiques, composé d'une enveloppe de tissu conjonctif, d'une zone corticale et d'une zone médullaire. Les ganglions lymphatiques assurent la filtration de la lymphe lors de son passage des tissus vers le canal thoracique et les autres grands canaux collecteurs. Les ganglions lymphatiques jouent un rôle important dans la protection de l'organisme grâce aux cellules immunitaires qu'ils contiennent. Ce sont les lieux du déroulement des réactions immunitaires dirigées contre les microbes pathogènes.

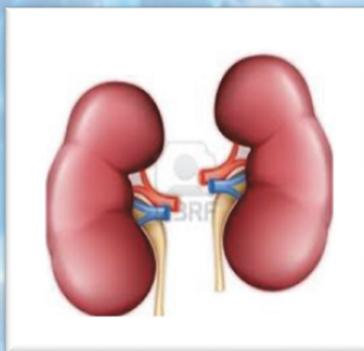


3. Coupe longitudinale d'un ganglion lymphatique

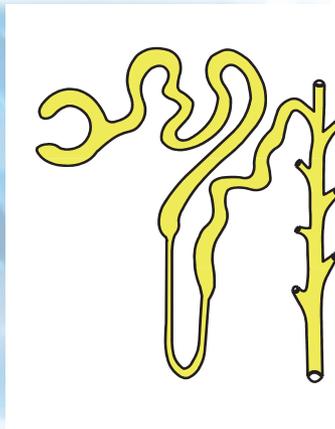
L'homme adulte normal rejette à chaque miction 200 à 400 ml d'urine soit environ 1500 ml par jour



1. L'urine : liquide toxique à éliminer



2. Les reins : organes épurateurs de l'organisme



3. Le néphron : unité fonctionnelle du rein



4. L'hémodialyse

En cas d'insuffisance rénale, il y a diminution de l'élimination de l'urine ou excrétion urinaire, il s'en suit une accumulation de déchets toxiques dans l'organisme et une perturbation de la constance du milieu intérieur. D'où le recours à un rein artificiel, machine qui permet l'épuration du sang à l'extérieur du corps.

OBJECTIFS :

- Expliquer la formation de l'urine au niveau du néphron.
- Dégager le rôle du néphron dans la régulation de l'équilibre hydrominéral du milieu intérieur.

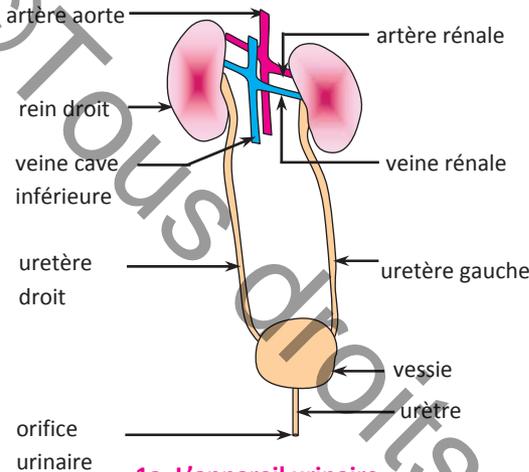
L'EXCRÉTION

❖ L'excrétion

L'élimination des déchets à l'extérieur de l'organisme, appelée excrétion, se fait :

- soit sous forme de gaz (dioxyde de carbone et vapeur d'eau) au niveau des poumons.
- soit sous forme de sueur au niveau des glandes sudoripares de la peau.
- soit sous forme d'urine au niveau des reins : c'est l'excrétion urinaire.

❖ Les organes et les structures de l'excrétion urinaire

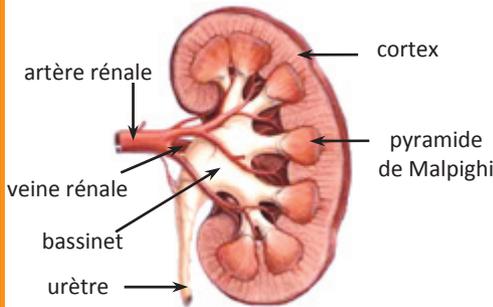


1a. L'appareil urinaire

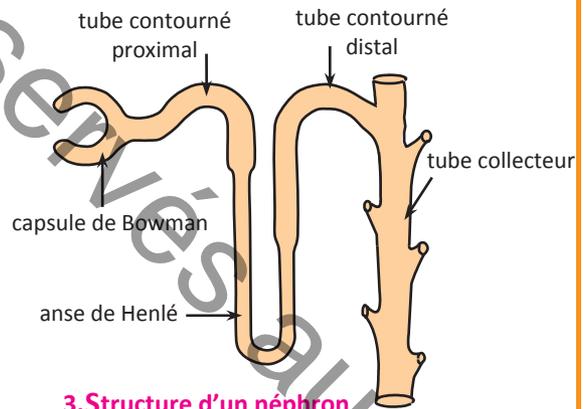
Organes	Rôles
deux reins	formation de l'urine et épuration du sang
deux urètres	conduction de l'urine vers la vessie
une vessie	accumulation de l'urine
un urètre	conduction de l'urine de la vessie vers l'extérieur
un orifice urinaire	miction

1b. Rôles des différents organes de l'appareil urinaire

Les reins sont composés de plusieurs unités anatomiques et fonctionnelles : ce sont les néphrons qui assurent la fabrication de l'urine



2. Coupe longitudinale d'un rein



3. Structure d'un néphron

❖ L'urine

Grâce à la fonction rénale, le sang est régulièrement épuré de ses déchets qui passent dans l'urine.

L'urine est un liquide jaune constitué d'eau, d'éléments minéraux (sodium, chlorures, sulfates, phosphates, potasse, ...) et de composés organiques toxiques (urée, acide urique et ammoniacque).

❖ Le mécanisme de la fabrication de l'urine au niveau du néphron

Le mécanisme de la fabrication de l'urine comporte 2 étapes :

- la filtration glomérulaire au niveau de la capsule de Bowman aboutit à la formation de l'urine primitive.
- la réabsorption tubulaire et la sécrétion qui s'effectuent au niveau du tubule rénal aboutit à la formation de l'urine définitive.

LE RÔLE DU NÉPHRON DANS LA RÉGULATION DE L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

NOTION DE NEURONE

Le neurone ou cellule nerveuse est l'unité fonctionnelle du système nerveux constitué d'un corps cellulaire qui présente des dendrites et un axone.

LA RESPIRATION CELLULAIRE

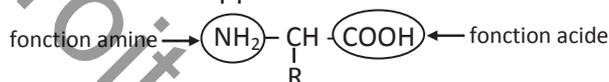
Toutes les cellules du corps sont le siège de réactions de dégradation des nutriments (glucose, acides aminés, acides gras et glycérol). Ces réactions :

- utilisent de l'oxygène
- libèrent de l'énergie utilisable par les cellules
- rejettent des déchets sous forme de dioxyde de carbone et d'eau.

La dégradation des acides aminés libère en plus un déchet azoté qui sera transformé en urée.

COMPOSITION CHIMIQUE DES PROTIDES

Les protides sont des molécules organiques constitués d'un ou de plusieurs unités : les acides aminés de formule semi développée :



Les protides sont les seules molécules organiques azotées dont la dégradation, au niveau de la cellule, libère des déchets azotés excrétés par les reins.

NOTION D'HORMONE

Une hormone est une substance chimique fabriquée par une glande et libérée dans le sang qui la transporte vers d'autres organes ; l'action de l'hormone sur ces organes aboutit à la modification de leur fonctionnement.

LES ÉCHANGES CELLULAIRES

❖ **L'osmose** : selon la loi de l'osmose, quand 2 milieux sont séparés par une membrane semi perméable, l'eau se déplace toujours du milieu hypotonique (le moins concentré en substances dissoutes donc le plus riche en eau) vers le milieu hypertonique (le plus concentré en substances dissoutes donc le moins riche en eau).

❖ **La diffusion** : passage de substances (molécules, ions ou gaz) à travers la membrane cellulaire d'un milieu où leur concentration est la plus élevée vers le milieu où leur concentration est la plus faible. C'est un transport passif car il ne nécessite pas de l'énergie.

❖ **Le transport actif** : passage de substances à travers la membrane cellulaire qui nécessite de l'énergie.

CONSTANCE DU MILIEU INTÉRIEUR

La constance du milieu intérieur est la stabilité des différents paramètres de ce milieu grâce à l'existence de systèmes régulateurs qui corrigent en permanence les perturbations menaçant son équilibre.

L'homme adulte rejette environ 1500 ml d'urine par jour. En réalité ce volume varie selon plusieurs conditions : volume d'eau absorbé, composition chimique des aliments, température, effort musculaire ...

- Après une soif prolongée, une hémorragie ou une brûlure, comme à la suite d'un jeûne prolongé, ou d'une sudation importante, on constate l'élimination d'une urine peu abondante et concentrée de couleur foncée par rapport à la normale. Au contraire, après l'absorption d'une grande quantité d'eau ou de boisson on constate l'élimination d'une urine très diluée de couleur clair.
- A la suite de la consommation d'un repas riche en sel (chlorure de sodium : NaCl), on constate l'élimination d'une urine peu abondante et concentrée par rapport à la normale. Inversement, à la suite de la consommation d'un régime sans sel, on constate l'élimination d'une urine abondante et moins concentrée par rapport à la normale.

Ces constatations suggèrent :

- qu'il y a une relation entre le volume du plasma et sa concentration en chlorure de sodium d'une part et ceux de l'urine d'autre part.
- que la fonction de fabrication de l'urine par le rein contribue au maintien de l'équilibre hydrominéral c'est-à-dire la constance de la composition du milieu intérieur en eau et en sels minéraux, particulièrement le chlorure de sodium.

La composition du milieu intérieur en eau et en substances dissoutes particulièrement en chlorure de sodium tend sans cesse à être modifiée par des entrées (prise de boissons, repas plus ou moins riches en sels) et des sorties (transpiration, miction). Pourtant, cette composition reste sensiblement constante grâce au maintien d'un équilibre entre les entrées et les sorties appelé équilibre hydrominéral du milieu intérieur et qui fait intervenir le fonctionnement des reins c'est-à-dire des néphrons.

Comment se forme l'urine au niveau des néphrons ?

Comment le néphron ajuste-t-il l'excrétion urinaire pour participer au maintien de l'équilibre hydrominéral du milieu intérieur ?

I- STRUCTURE DU REIN

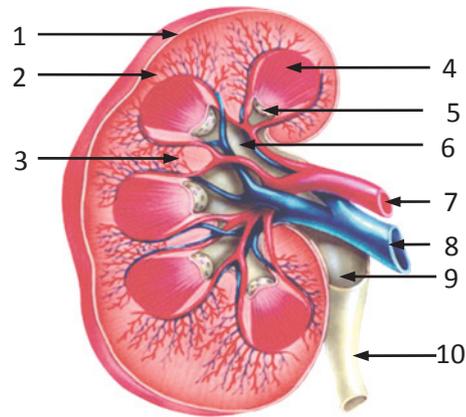
Activité 1

Document 1 : Structure et vascularisation du rein

Le rein d'un mammifère coupé longitudinalement présente la structure suivante :



1a. Coupe longitudinale d'un rein



1b. Schéma d'interprétation d'une coupe de rein

L'examen macroscopique de la coupe montre de l'extérieur vers l'intérieur :

- une capsule, membrane fine enveloppant le rein
- une zone corticale ou cortex, d'aspect granuleux.
- une zone médullaire ou médulla, constituée par une dizaine de pyramides striées, les pyramides de Malpighi, dont les sommets sont appelés **papilles**. La pointe de chaque papille est coiffée par un conduit en forme d'entonnoir appelé calice. Les calices se rejoignent pour former une cavité : le bassin ; celui-ci se continue vers l'extérieur par le conduit urinaire ou uretère.

La figure 2 représente un moulage de la vascularisation artérielle et veineuse et des voies de l'élimination d'urine. Pour ce faire, un colorant rouge a été injecté dans l'artère rénale, un colorant bleu a été injecté dans la veine rénale et un colorant jaune a été injecté dans l'uretère.



2. Moulage de la vascularisation d'un rein et des voies urinaires

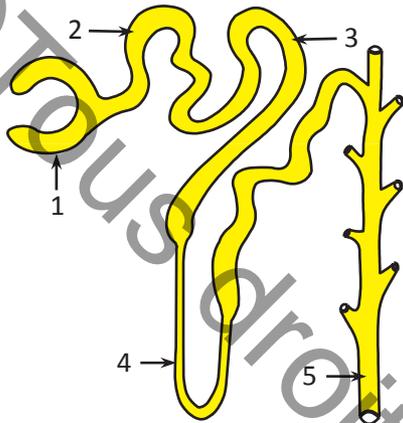
Tâche 1 :

- 1) Utiliser les données du document 1 pour compléter la légende de la figure 1b.
- 2) Que suggère le résultat de l'injection du rein?

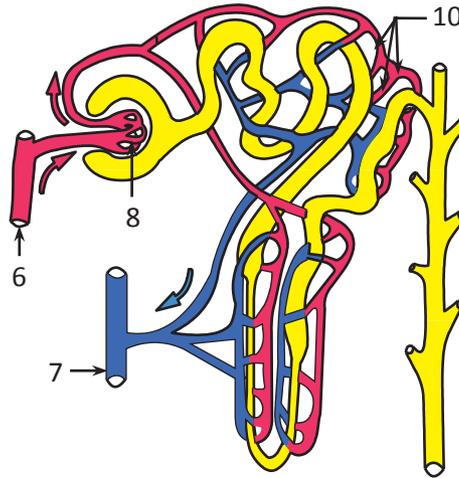
Document 2 : Le néphron et sa vascularisation

2a. L'observation microscopique du cortex rénal et des pyramides révèle que chaque rein comporte environ 1 million de tubes urinifères ou néphrons enchevêtrés avec des capillaires sanguins.

- La figure 3a représente schématiquement un néphron.
- La figure 3b représente schématiquement un néphron et sa double vascularisation.



3a. Le néphron



3b. Le néphron et sa double vascularisation

Chaque néphron comporte 2 parties :

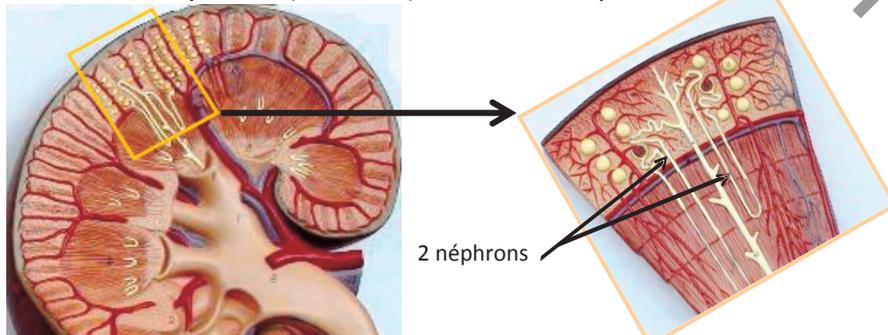
- **une capsule de Bowman** qui entoure un amas sphérique de capillaires sanguins appelé glomérule. L'ensemble : capsule + glomérule constitue un corpuscule rénal. Les corpuscules rénaux sont situés dans le cortex rénal et sont responsables de son aspect granuleux.
- **un tubule** de longueur variant entre 2 et 6 cm et qui comporte 3 parties : le tube contourné proximal, l'anse de Henlé et le tube contourné distal ; celui-ci se termine dans un canal collecteur commun à d'autres néphrons.

Chaque néphron reçoit une double vascularisation :

- **une artériole afférente** irrigue la capsule et se ramifie en un peloton de capillaires appelé glomérule.
- **une artériole efférente** se ramifie autour du tubule formant des capillaires péri tubulaires.

Les capillaires péri tubulaires entourent le tube contourné distal et le tube contourné proximal ; ils se réunissent ensuite pour former une veinule qui rejoint la veine rénale.

2b. La figure 4 localise deux néphrons (en blanc) dans une coupe de rein.



4. Localisation de 2 néphrons dans une coupe de rein

Comme la capsule de Bowman, le tube contourné proximal et le tube contourné distal du néphron sont localisés dans le cortex rénal alors que l'anse de Henlé se situe dans la médulla.

Les tubes collecteurs parcourent le rein du cortex à la médulla et sont responsables de l'aspect strié des pyramides de Malpighi ; ils s'ouvrent dans le bassinnet aux sommets des pyramides.

Les néphrons et le système vasculaire sont intimement liés.

Tâche 2:

Utiliser les données du document 2 pour :

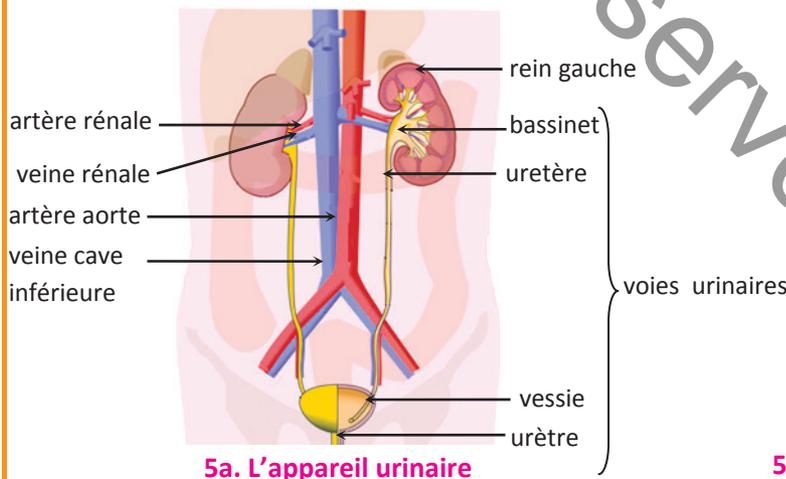
- 1) compléter la légende des figures 3a et 3b
- 2) justifier le qualificatif de « double » attribué à la vascularisation du néphron.
- 3) décrire la localisation des parties du néphron par rapport aux régions corticale et médullaire du rein.

III- MÉCANISME DE LA FORMATION DE L'URINE AU NIVEAU DU NÉPHRON :

Activité 2

Document 3 : Origine et trajet de l'urine

On injecte par voie intraveineuse (dans le sang) un liquide de contraste puis on réalise une urographie c'est-à-dire un examen radiologique des voies urinaires (figure 5a). La figure 5b représente le résultat de l'urographie.



Tâche 3 :

- 1) Exploiter les données du document 3 ainsi que vos acquis sur la structure du rein pour localiser le liquide de contraste dans l'urographie.
- 2) En tenant compte du lieu de l'injection du liquide de contraste et de sa localisation dans l'urographie, déduire l'origine de l'urine et son trajet.

Document 4 : Mécanisme de formation de l'urine au niveau du néphron

4 a. Des résultats d'analyse de divers prélèvements liquidiens.

Chez une personne normale, on réalise l'analyse de divers prélèvements liquidiens :

- plasma au niveau des capillaires glomérulaires
- l'urine primitive au niveau de la capsule de Bowman (ou urine du cortex rénal)
- l'urine définitive à la fin du tube collecteur ou au niveau du bassinot.

Le tableau suivant traduit les résultats obtenus pour certains constituants.

Éléments	Plasma	Urine primitive	Urine définitive
protéines	80	0	0
Glucose(g/L)	1	1	0
ions Na ⁺ (g/L)	3,2	3,2	4
ions K ⁺ (g/L)	0,2	0,2	2,5
ions Cl ⁻ (g/L)	3,6	3,6	20
ammoniaque	0	0	0,5
urée g/L)	0,3	0,3	20
acide urique	0,03	0,03	0,6
créatinine	0,01	0,01	1,2
Eau	170 L	170 L / 24 h	1,5 L / 24 h pour

L'ammoniaque, l'urée, l'acide urique et la créatinine sont des déchets azotés toxiques issus du métabolisme cellulaire.

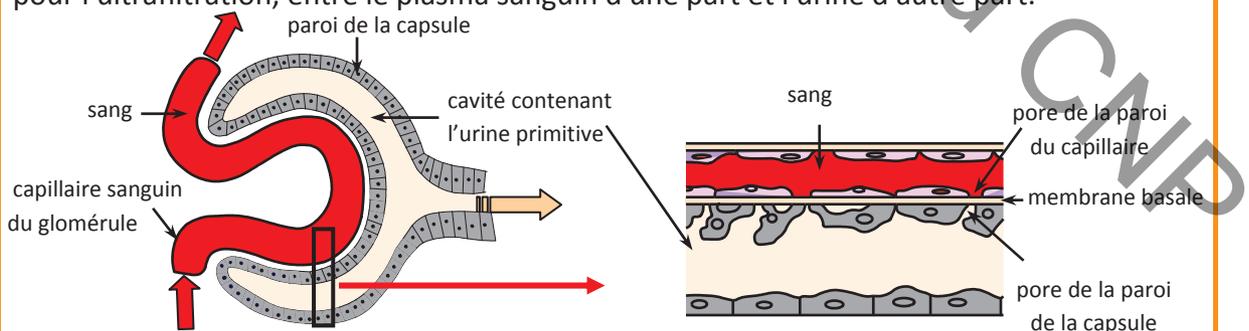
L'urée, principal déchet azoté, se forme en permanence dans le foie à partir de l'ammoniaque produit au cours de la dégradation des acides aminés dans les cellules (appelée désamination). La teneur de l'urée dans les urines est d'autant plus élevée que le régime alimentaire est riche en protéines.

L'acide urique provient de la dégradation des acides nucléiques dans les cellules

La créatinine provient de la dégradation de la créatine (dérivé d'acide aminé, présent principalement dans les fibres musculaires et le cerveau. Elle joue un rôle dans l'apport d'énergie aux cellules musculaires et dans la contraction musculaire.

4b. La filtration glomérulaire.

La pression sanguine dans les capillaires glomérulaires est très élevée par rapport à la pression des liquides contenus dans la capsule de Bowman. Cette différence de pression favorise le passage passif de substances contenues dans le plasma des capillaires vers le liquide contenu dans la capsule. Ce passage se fait à travers une membrane basale de nature protéique séparant l'épithélium du capillaire glomérulaire et celui de la capsule de Bowman (figure 6). Cette membrane constitue dans ce cas une barrière physiologique pour l'ultrafiltration, entre le plasma sanguin d'une part et l'urine d'autre part.



6. Détail du contact entre un capillaire glomérulaire et la capsule de Bowman

L'ultrafiltration est une technique de séparation des éléments contenus dans un liquide. Elle utilise des membranes semi-perméables dont le diamètre des pores est compris entre 0,001 et 0,1 micromètres. L'ultrafiltration permet donc de retenir les macromolécules.

4c. La réabsorption tubulaire

En s'écoulant dans le tubule du néphron, la majeure partie de l'eau et un grand nombre de solutés qui se trouvent dans le filtrat glomérulaire retournent vers le sang dans les capillaires péri tubulaires, on dit qu'ils sont réabsorbés. La réabsorption se fait, grâce à des mécanismes passifs ou actifs, faisant intervenir des protéines de la membrane des cellules du tubule.

La capacité de réabsorption du glucose et des ions filtrés est limitée ; par conséquent ces substances ne sont excrétées dans l'urine que si leur teneur dans le sang dépasse une certaine valeur appelée seuil d'élimination urinaire :

- le seuil d'élimination du glucose est de 1,7 g/L.
- le seuil d'élimination du chlorure de sodium est de 5,6 g/L.

4d. La sécrétion tubulaire

Au fur et à mesure que l'urine passe dans le tubule du néphron et dans le tube collecteur, des substances passent des capillaires péri tubulaires vers l'urine en traversant les cellules tubulaires.

La sécrétion consiste à éliminer :

- des substances qui n'ont pas été filtrées comme certains médicaments.
- des substances toxiques qui ont été réabsorbées passivement (urée, acides urique et créatinine).
- les ions K^+ en excès.
- les ions ammonium (NH_4^+) dont l'origine est l'ammoniac (NH_3) produit par la désamination des acides aminés dans les cellules.

Tâche 4 :

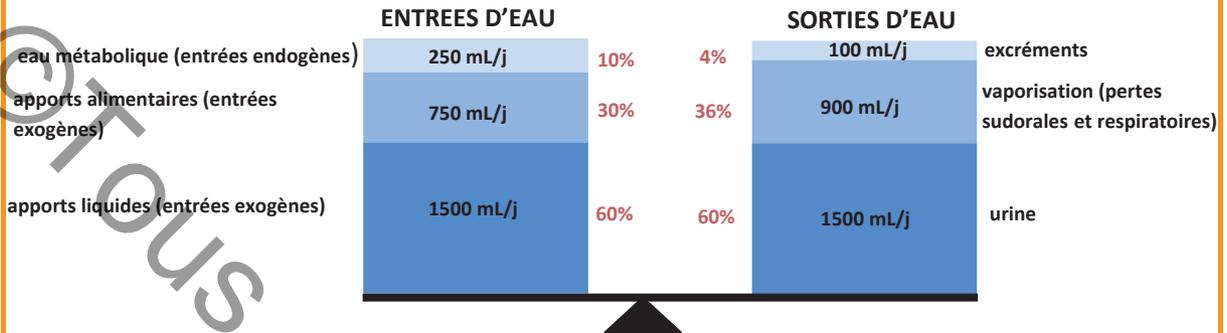
- 1) A partir de la comparaison de la composition du plasma et celle de l'urine primitive (document 4a) et des informations fournies par le document 4b, déduire le mécanisme de la formation de l'urine primitive.
- 2) a- Comparer la composition de l'urine primitive et celle de l'urine définitive.
b- En utilisant les données des documents 4c et 4d, préciser le (ou les) mécanisme(s) qui permettent d'expliquer :
 - la différence de volume entre les deux urines.
 - l'absence de glucose dans l'urine définitive.
 - la présence de NaCl dans l'urine définitive.
 - la présence d'ammoniaque dans l'urine définitive.
 - la présence de l'urée, l'acide urique et la créatinine dans l'urine définitive.c- Expliquer pourquoi la concentration des substances dissoutes est plus élevée dans l'urine définitive que dans l'urine primitive.
- 3) Justifier le rôle épurateur du néphron à partir du document 4d.
- 4) Sachant que pour un même individu la composition de l'urine définitive en eau et en diverses substances dissoutes est variable selon les circonstances, alors que celle du plasma est sensiblement la même, déduire un deuxième rôle du néphron.

IV- RÔLE DU NÉPHRON DANS LE MAINTIEN DE L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL :

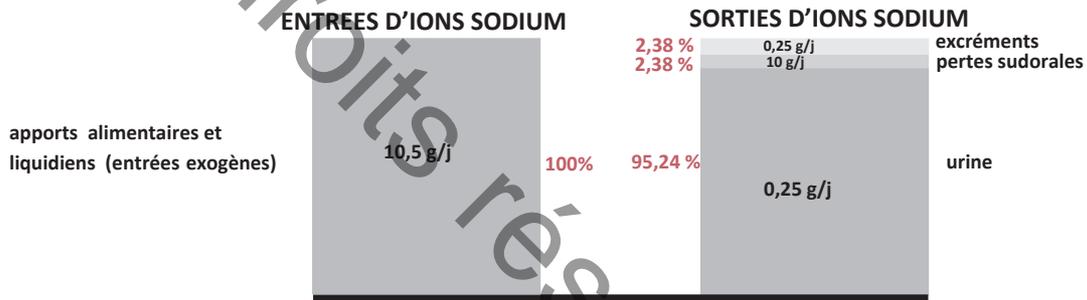
Activité 3

Document 5 : Notion d'équilibre hydrominéral

Les bilans journaliers des entrées et des sorties d'eau et des ions minéraux, chez un homme adulte sain de 70 kg, sont équilibrés.



7a. La balance hydrique



7b. Un exemple de balance minérale : la balance sodée (en ions Na⁺)

Tâche 5 :

Préciser en quoi consiste l'équilibre hydrominéral.

Document 6 : Nécessité d'un équilibre hydrominéral pour une activité normale des cellules

6a. Des observations cliniques

- ❖ En cas d'hémorragie (écoulement de sang hors des vaisseaux sanguins), le volume sanguin (ou volémie) diminue. il s'en suit une chute de la pression artérielle (hypotension) qui est à l'origine d'une baisse de l'alimentation des cellules en dioxygène et en glucose, en particulier des cellules nerveuses qui en sont très sensibles, d'où le risque de syncope (perte brutale et temporaire de la conscience).
- ❖ Chez les malades souffrant d'une rétention exagérée d'eau, il y a une baisse de la pression osmotique (ou hypoosmolarité) du plasma ce qui entraîne un gonflement des cellules en particulier celles du cerveau d'où le risque de coma (perte définitive de la conscience) pouvant conduire à la mort.

6b. Un fait historique

Il y a longtemps, des voyageurs ayant fait naufrage ont pu survivre à la noyade. Ils n'avaient ni nourriture ni eau. Comme ils avaient très soif, certains ont bu l'eau de mer par désespoir. Mais ils sont morts de déshydratation cellulaire peu après.

6c. Des études expérimentales ont montré que :

- Lorsque le liquide extracellulaire se concentre en sels, sa pression osmotique augmente et le liquide devient hypertonique par rapport au liquide intracellulaire. Il en résulte un déplacement de l'eau des cellules vers le liquide extracellulaire par le mécanisme de l'osmose d'où la déshydratation cellulaire.
- Lorsque le liquide extracellulaire se dilue, sa pression osmotique diminue et il devient hypotonique par rapport au liquide intracellulaire. Il en résulte un déplacement de l'eau du liquide extracellulaire vers le liquide intracellulaire par le mécanisme de l'osmose ; les cellules se gonflent d'eau et risquent d'éclater.

La pression osmotique est un paramètre des solutions aqueuses qui reflète leur concentration molaire en solutés.

La pression osmotique du milieu intérieur (plasma et liquide interstitiel) est essentiellement due au chlorure de sodium du fait que la concentration molaire du plasma en ions Na^+ et Cl^- est beaucoup plus importante que celle des autres substances dissoutes.

6d. Effet de la sudation : au cours d'une compétition sportive de haut niveau ou d'un travail musculaire intense en atmosphère chaude, l'organisme perd beaucoup de sueur. Cette perte suscite une sensation de soif. Les sujets boivent de l'eau, mais très fréquemment ils sont victimes de nausées et de crampes musculaires (contracture douloureuse et temporaire d'un muscle due à une surcharge en calcium dans le muscle, engendrée elle-même par un manque de sodium circulant dans l'organisme) ces crampes cessent après absorption d'eau salée à 0,5 %.

Composition de la sueur : la sueur contient de l'eau, du chlorure de sodium (NaCl) et très peu d'urée.

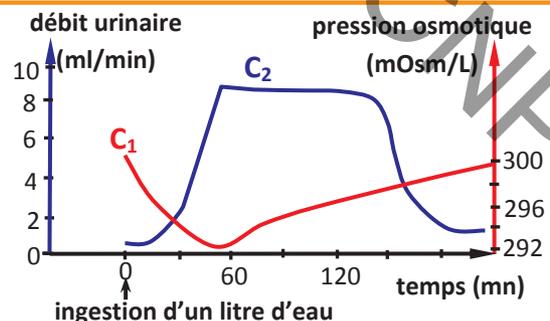
Tâche 6 :

- 1) A partir des données du document 6a, préciser les perturbations du milieu intérieur causées par l'hémorragie d'une part et par la rétention d'eau d'autre part.
- 2) En tenant compte des documents 6b et 6c, expliquer l'apparition de la déshydratation cellulaire chez les naufragés.
- 3) A partir des données du document 6d, expliquer comment la constance du milieu intérieur exige un équilibre entre les entrées et les sorties d'eau et de sels minéraux.
- 4) En tenant compte des connaissances requises sur le comportement du néphron vis-à-vis de l'eau et des ions Na^+ , proposer une hypothèse quant au rôle du néphron dans la réalisation de l'équilibre hydrominéral.

Document 7 : Rôle du néphron dans le maintien de l'équilibre hydrominéral

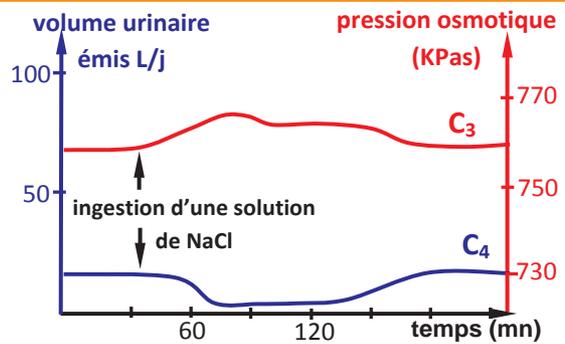
Pour préciser le rôle du néphron dans l'équilibre hydrominéral, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : on fait ingérer à un animal un litre d'eau pure puis on suit l'évolution de la pression osmotique plasmatique et l'évolution parallèle du débit urinaire (ou diurèse). Les résultats obtenus sont représentés par les courbes C_1 et C_2 .



Le débit urinaire ou diurèse est le volume d'urine, émis par le néphron, par unité de temps. Les variations du débit urinaire renseignent donc sur les variations du volume d'eau éliminé.

Expérience 2 : on fait ingérer à un animal un litre d'une solution de NaCl hypertonique par rapport au plasma puis on suit l'évolution de la pression osmotique plasmatique et l'évolution parallèle du débit urinaire. Les résultats obtenus sont représentés par les courbes C₃ et C₄.

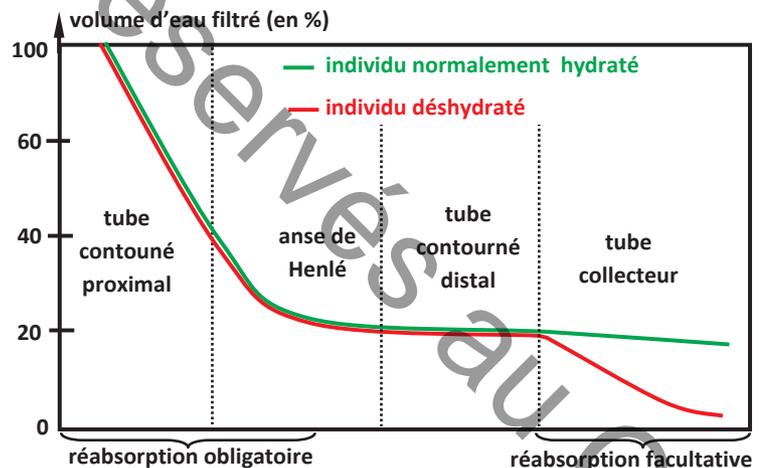


Tâche 7 :

- 1) Analyser parallèlement les courbes C₁ et C₂ de l'expérience 1 afin de déduire le rôle du néphron dans la régulation de la pression osmotique du milieu intérieur suite à l'ingestion d'eau pure.
- 2) Analyser parallèlement les courbes C₃ et C₄ de l'expérience 2 afin de déduire le rôle du néphron dans la régulation de la pression osmotique du milieu intérieur suite à l'ingestion d'une solution hypertonique de NaCl.
- 3) D'autres expériences ont montré que toute perturbation de la pression osmotique du milieu intérieur est suivie d'une modification du débit de Na⁺ excrété dans l'urine.
 - a- Prévoir, en le justifiant, le sens de la modification du débit de Na⁺ excrété dans l'urine et du débit de Na⁺ réabsorbé dans le sang dans les situations de l'expérience 1 et de l'expérience 2.
 - b- Justifier que le néphron est un effecteur de la régulation de l'équilibre hydrominéral.

Expérience 3 :

On suit l'évolution du pourcentage du volume d'eau filtré lors de la progression de l'urine le long des segments successifs des tubules du néphron et du tube collecteur chez deux individus : l'un normalement hydraté, l'autre déshydraté. Les résultats obtenus sont représentés par les courbes ci-contre.



Tâche 7 :

- 4) Qu'est ce qui montre que les courbes traduisent une réabsorption d'eau ?
- 5) a- Localiser la réabsorption d'eau au niveau du néphron chez l'individu normalement hydraté et chez l'individu déshydraté.
 - b- Justifier l'appellation de réabsorption obligatoire et de réabsorption facultative.
- 6) La différence constatée montre que le néphron modifie son fonctionnement selon l'état d'hydratation de l'organisme; parmi les deux propositions suivantes choisir celle qui est la plus vraisemblable :
 - la réabsorption d'eau au niveau du tube collecteur est contrôlée.
 - la réabsorption d'eau au niveau du tube collecteur est autonome.

V- CONTRÔLE DE LA RÉABSORPTION D'EAU ET D'IONS SODIUM AU NIVEAU DU NÉPHRON

Activité 4

Document 8 : Notions de glande endocrine et d'hormone

Les deux types de communication : dans l'organisme les cellules coordonnent leurs activités grâce à des systèmes de communication intercellulaire. On distingue :

- La communication nerveuse au cours de laquelle les cellules échangent entre elles, à distance, des messages en se servant d'un réseau de cellules nerveuses et de contacts synaptiques.
- La communication humorale consiste à échanger des messagers chimiques qui diffusent dans le milieu intérieur où baignent les cellules. Dans le cas où les messagers chimiques sont des hormones, la communication est dite hormonale.

Mise en évidence expérimentale d'une communication hormonale.

Pour montrer qu'un organe (X) possède une fonction endocrine c'est-à-dire qu'il sécrète une hormone par laquelle il agit par voie sanguine sur un autre organe (Y), on réalise les expériences suivantes :

Expériences	Résultats	Conclusions
Ablation de l'organe X chez un animal A	Trouble du fonctionnement de l'organe Y	L'organe X contrôle à distance le fonctionnement de l'organe Y
Greffe sous cutanée à n'importe quel endroit de l'organisme afin d'établir des liaisons vasculaires à l'animal A ou injection d'extraits de l'organe (X) à l'animal A	Correction totale ou partielle des troubles provoqués par l'ablation	L'organe (X) agit par voie sanguine ou humorale sur l'organe (Y) au moyen d'une hormone. D'où X est une glande endocrine : elle sécrète dans le sang une hormone qui agit sur le fonctionnement de l'organe (Y) qui est appelé alors organe cible.

Notion d'hormone : Une hormone est une substance chimique élaborée par les cellules d'une glande endocrine ; ce messager chimique, déversé dans le sang, agit sur des cellules cibles dont il modifie le fonctionnement. Chaque hormone reconnaît ses cellules cibles grâce à des récepteurs spécifiques. Les récepteurs sont des protéines membranaires dans le cas des hormones protéiques ; ou des récepteurs intracellulaires dans le cas des hormones stéroïdes (de nature lipidique). Quand ces messagers chimiques sont sécrétés par des neurones de l'hypothalamus, on les appelle des neurohormones.

Tâche 8 :

Justifier que l'hormone constitue dans l'organisme un messager chimique.

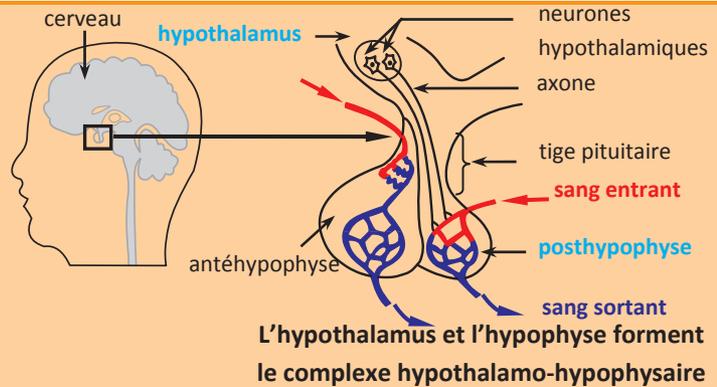
Document 9: Contrôle de la réabsorption d'eau au niveau du néphron

9a. Une observation clinique : le diabète insipide.

Certains individus émettent jusqu'à 25 litres par jour d'une urine très peu salée. Chez ces malades, la réabsorption de l'eau par le néphron est réduite de 95% à 85-90%, même après un repas salé d'où une forte déshydratation.

Le diabète insipide est dû à une atrophie des neurones de l'hypothalamus ou à des tumeurs au niveau de la posthypophyse ou à des tumeurs au niveau de la tige pituitaire qui relie l'hypothalamus et l'hypophyse.

L'hypophyse est une petite glande (1cm³) située sous l'encéphale. Elle est formée de deux parties de structures différentes : l'antéhypophyse constituée de cellules glandulaires et la posthypophyse constituées de cellules qui ne synthétisent pas d'hormones. La posthypophyse reçoit des axones appartenant à des neurones de l'hypothalamus.



Tâche 9 :

1) A partir des données fournies par les documents 8 et 9a, proposer une hypothèse quant à la relation fonctionnelle entre le complexe hypothalamo-hypophysaire et le néphron.

9b. Vérification expérimentale de l'hypothèse

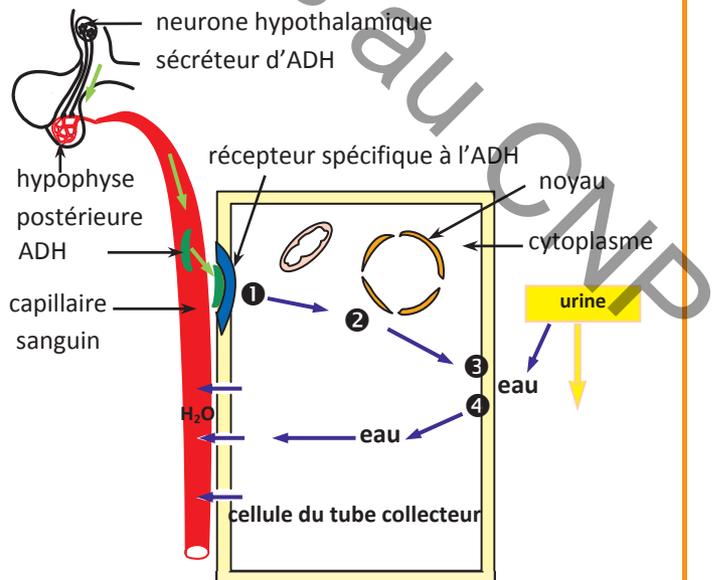
Pour préciser le contrôle du fonctionnement du néphron par le complexe hypothalamohypophysaire, on réalise les expériences suivantes.

Expériences	Résultats
1 destruction de l'hypothalamus ou de l'hypophyse postérieure ou de la tige pituitaire chez un animal.	émission d'une urine abondante
2 injection d'extraits d'hypophyse postérieure à l'animal précédent	diminution de la diurèse.
3 injection d'ADH extraite de la posthypophyse et rendue radioactive.	- apparition de la radioactivité sur les membranes des cellules du tube collecteur - diminution de la diurèse.

L'ADH ou hormone antidiurétique ou vasopressine est une neurohormone, de nature protidique, synthétisée par des neurones de l'hypothalamus, elle suit des voies axoniques jusqu'au lobe postérieur de l'hypophyse où elle est libérée dans des capillaires de la circulation générale puis véhiculée par le sang jusqu'aux organes cibles (ou organes effecteurs : les reins).

9c. Mode d'action de l'ADH

- 1 Fixation des molécules d'ADH sur des récepteurs membranaires des cellules du tube collecteur.
- 2 Modification de l'activité des cellules du tube collecteur.
- 3 Augmentation de la perméabilité membranaire de ces cellules à l'eau.
- 4 Réabsorption d'eau à partir de l'urine.



Tâche 9 :

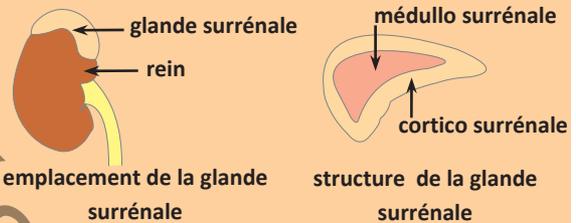
- 2) Analyser le résultat de l'expérience 1 afin de déduire l'action de la posthypophyse sur l'élimination d'eau par le néphron.
- 3) A partir de l'analyse du résultat de l'expérience 2 et en exploitant les informations fournies par le document 8, montrer que l'hypophyse postérieure agit sur le néphron par un mécanisme endocrine.
- 4) A partir de l'analyse du résultat de l'expérience 3 et en exploitant les données de la figure 8, décrire le mode d'action de l'ADH.
- 5) Justifier que l'ADH est une neurohormone.

Document 10 : Contrôle de la réabsorption d'ions Na^+ au niveau du néphron

10a. Une observation clinique : la maladie bronzée d'Addison.

Cette maladie, due à la destruction lente des corticosurrénales, a été longtemps mortelle. Chez les malades, l'excrétion urinaire des ions Na^+ est exagérée, ce qui entraîne une baisse de la natrémie donc de l'osmolatrité du plasma. La perte des ions Na^+ étant accompagnée d'une perte d'eau l'hyponatrémie est accompagnée d'une hypovolémie.

Les glandes surrénales sont situées au dessus des reins elles sont formées de deux parties : l'une interne la médullosurrénale et l'autre externe la corticosurrénale chacune d'elles sécrète des hormones spécifiques qui interviennent dans la régulation de nombreuses fonctions de l'organisme.



Tâche 10 :

- 1) A partir des données fournies par les documents 8 et 10a, proposer une hypothèse quant à la relation fonctionnelle entre les corticosurrénales et le néphron.

10b. Vérification expérimentale de l'hypothèse

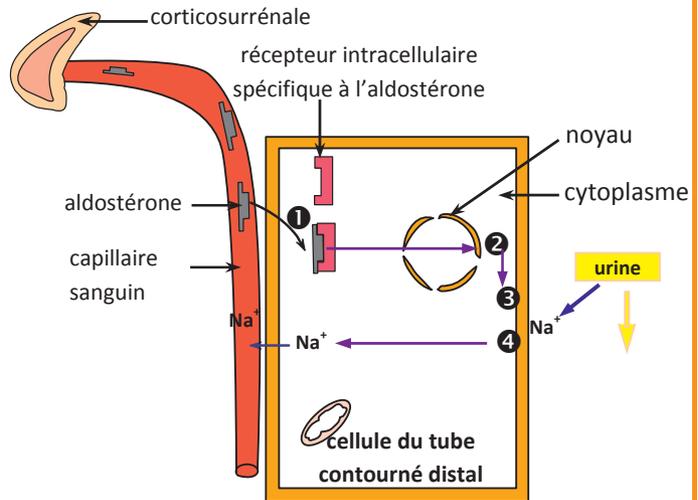
Pour préciser le contrôle du fonctionnement du néphron par les corticosurrénales on réalise les expériences suivantes.

Expériences		Résultats
1	Destruction des corticosurrénales chez un animal	élimination d'une urine très concentrée en Na^+ et diminution parallèle de la concentration plasmatique en ions Na^+
2	Greffe de corticosurrénale ou injection d'extraits corticosurrénaux ou injection d'aldostérone à l'animal précédent.	disparition des troubles provoqués par la surrénalectomie.

L'aldostérone est une hormone stéroïde sécrétée par les corticosurrénales et libérée dans la circulation générale puis véhiculée par le sang jusqu'aux reins.

10c. Mode d'action de l'aldostérone

- 1 Fixation des molécules d'aldostérone sur des récepteurs intracellulaires (cytoplasmique)
- 2 Augmentation de la synthèse de protéines membranaires
- 3 Augmentation de la perméabilité membranaire aux ions Na^+
- 4 Réabsorption d'ions Na^+ à partir de l'urine



9. Mode d'action de l'aldostérone

Tâche 10 :

- 2) Analyser le résultat de l'expérience 1 afin de déduire l'action des corticosurrénales sur l'élimination de Na^+ par le néphron.
- 3) A partir de l'analyse de l'expérience 2 et en exploitant les informations fournies par le document 8, montrer que les corticosurrénales agissent sur le néphron par un mécanisme endocrine.
- 4) A partir de la figure 9, décrire le mode d'action de l'aldostérone.
- 5) Comparer le mode d'action de l'aldostérone à celui de l'ADH étudié dans la figure 8.

Document 11 : Déterminisme de la sécrétion de l'ADH et de l'aldostérone

Expériences	Résultats
1 Un animal privé de boisson pendant plusieurs heures.	- émission d'urine peu abondante - augmentation du taux d'ADH dans le sang et dans l'urine.
2 Un animal auquel on fait boire un volume important d'eau.	émission d'urine abondante contenant très peu ou ne contenant pas d'ADH.
3 Chez une personne suivant un régime alimentaire sans sel.	augmentation du taux d'aldostérone dans le sang.
4 Chez une personne suivant un régime alimentaire salé.	diminution du taux d'aldostérone dans le sang.

Tâche 11 :

- 1) Analyser les résultats des expériences 1 et 2 afin de préciser le déterminisme de la sécrétion d'ADH.
- 2) Analyser les résultats des expériences 3 et 4 afin de préciser le déterminisme de la sécrétion d'aldostérone.
- 3) Intégrer les informations dégagées pour expliquer, par un schéma fonctionnel, le mécanisme de la régulation de la pression osmotique dans les 2 situations suivantes :
 - suite à l'ingestion d'un volume important d'eau pure.
 - suite à l'ingestion d'une solution hypertonique de NaCl .

VI- LA DÉSINTOXICATION DE L'ORGANISME

Activité 5

Document 12 : Rôle des reins dans la désintoxication de l'organisme

La désintoxication est une stratégie naturelle de protection de la santé qui contribue à débarrasser l'organisme des substances toxiques afin de purifier le sang.

La substance toxique active est éliminée par l'organisme soit sous forme inchangée, soit sous forme d'un ou de plusieurs métabolites généralement inactifs, soit encore sous les deux formes.

La désintoxication de l'organisme se fait par des organes qualifiés d'émonctoires de l'organisme : les intestins, le foie avec la vésicule biliaire, les reins, les poumons et la peau.

Rôle des reins dans la désintoxication de l'organisme

L'urine définitive éliminée par les reins renferme diverses substances toxiques d'origine endogène (issues du métabolisme cellulaire) et exogène (les xénobiotiques).

❖ **Les substances toxiques d'origine endogène** : en plus des déchets azotés toxiques (urée, ammoniaque, acide urique et créatinine), l'urine renferme des substances synthétisées par l'organisme comme les hormones ou les produits provenant de leur transformation.

❖ **Les substances toxiques d'origine exogène ou xénobiotiques** : ces toxiques ou leurs métabolites peuvent provenir :

- des aliments comme les pesticides, les additifs alimentaires, les colorants, l'acide hippurique,....
- des médicaments
- des polluants
- des drogues
- des produits dopants utilisés par les sportifs.

Les produits dopants sont de substances variées, utilisées par les sportifs dans le but d'accroître les performances.

Les xénobiotiques sont des substances étrangères (xéno) à la vie (biotique) de l'organisme.

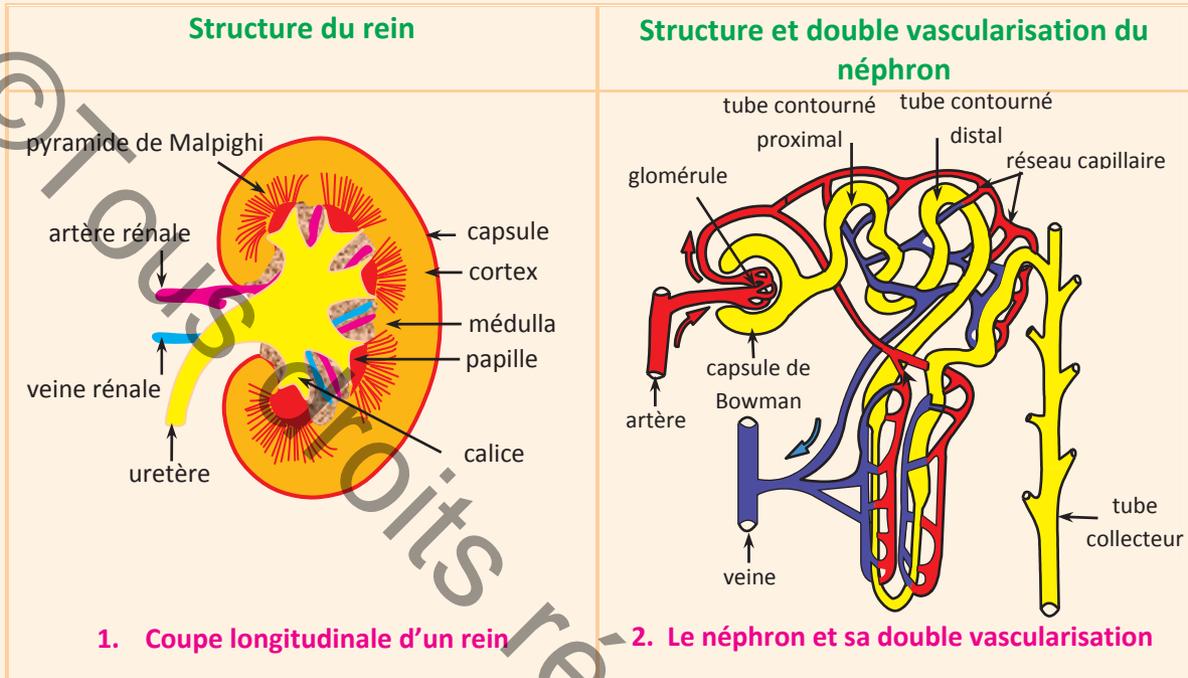
L'acide hippurique est synthétisé au niveau des cellules rénales ou hépatiques. Il provient de la conjugaison de l'acide benzoïque, se trouvant dans des aliments d'origine végétale, avec un acide aminé : la glycine.

Tâche 12 :

Préciser en quoi consiste la désintoxication de l'organisme par les reins.

Le fonctionnement des cellules entraîne la production permanente de déchets dans milieu intérieur. Les reins éliminent une grande partie de ces déchets toxiques : c'est un rôle épurateur et assurent une constance de la composition du milieu intérieur en eau et en ions minéraux participant ainsi à l'homéostasie : c'est un rôle régulateur

I- STRUCTURE DU REIN



L'urine se forme dans chaque néphron à partir du sang qui l'irrigue ; le **néphron est donc l'unité structurale (anatomique) et fonctionnelle du rein.** (activité1)

II- MÉCANISME DE LA FORMATION DE L'URINE AU NIVEAU DU NÉPHRON

❖ Origine et trajet de l'urine

L'urine se forme au niveau du rein à partir du sang, elle est transportée par les uretères, stockée dans la vessie puis éliminée à travers l'urètre lors de la miction.

❖ Mécanisme de formation de l'urine

Dans le rein le néphron et le système vasculaire sont intimement liés.

La formation de l'urine dans le néphron se fait à partir du plasma sanguin et fait intervenir essentiellement trois mécanismes :

La filtration glomérulaire : sous l'action de la pression sanguine relativement élevée dans les capillaires glomérulaires, les substances plasmatiques de faible masse molaire (eau, ions glucose, acides aminés, urée,...) passent dans la capsule de Bowman à travers la membrane basale glomérulaire munie de pores de très petites tailles; les macromolécules de lipides et de protides ne passent pas à cause de leur grande taille. Ce mécanisme de filtration sélective ou ultrafiltration du plasma aboutit à la formation de l'urine primitive. On estime qu'il ya formation d'environ 170 litres d'urine primitive dans la capsule par 24 heures.

La **réabsorption tubulaire** est le retour de substances de l'urine primitive vers le sang circulant dans le réseau des capillaires péri-tubulaires en traversant les cellules de la paroi du tubule.

La réabsorption s'effectue le long des différents segments du tubule, et éventuellement le long du tube collecteur. C'est un processus sélectif contrôlé par des mécanismes de transport actifs (qui demandent de l'énergie) ou passifs (sans énergie).

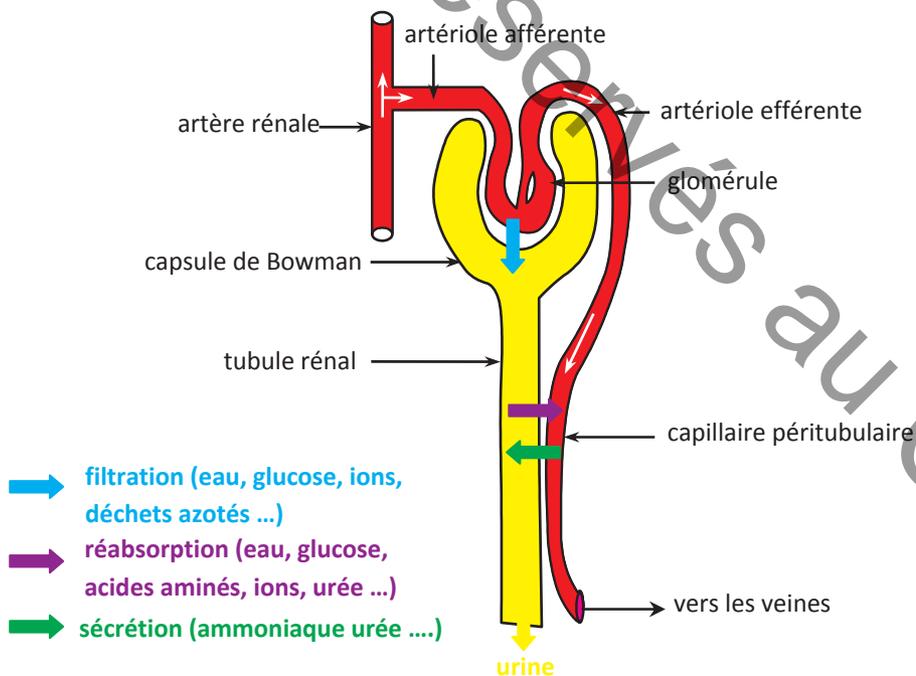
La réabsorption est totale (100%) pour le glucose et les acides aminés, elle est partielle et importante pour l'eau (99%) et les ions minéraux (98% pour les ions Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}), partielle et moins importante pour l'urée et l'acide urique (50%).

La **sécrétion** est le passage de substances plasmatiques des capillaires péri-tubulaires vers l'urine en traversant les cellules tubulaires. Elle se fait au niveau du tubule et du tube collecteur.

❖ Le phénomène de réabsorption tubulaire explique que l'urine définitive recueillie à la fin du tube collecteur est très différente de l'urine primitive : elle ne contient pas de glucose, elle est beaucoup moins riche en eau (1.5 litre seulement par 24 heures) et plus concentrée en ions.

❖ Les phénomènes de réabsorption et de sécrétion tubulaire expliquent que l'urine définitive recueillie à la fin du tube collecteur est très concentrée en urée, acide urique, et créatinine par rapport à l'urine primitive.

❖ Le phénomène de sécrétion explique que l'urine définitive contient de l'ammoniaque qui est absent dans l'urine primitive. (activité 2).



3. Mécanisme de la formation de l'urine

III- RÔLE DU NÉPHRON DANS LE MAINTIEN DE L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

❖ L'équilibre hydrominéral :

L'équilibre hydrominéral consiste en une égalité entre les entrées et les sorties d'eau et d'ions minéraux

❖ Nécessité de l'équilibre hydrominéral pour une activité normale des cellules :

Le maintien de la volémie et de la pression osmotique à une valeur constante est indispensable au bon fonctionnement des cellules de l'organisme.

Étant donné que la pression osmotique du milieu intérieur est essentiellement due au chlorure de sodium, maintenir stable la pression osmotique du milieu intérieur revient à maintenir stable sa teneur en eau et en ions Na^+ ; ceci exige que les pertes d'eau et des ions Na^+ soient adaptées aux entrées de ces substances; on parle d'équilibre hydrominéral.

Le néphron est capable de moduler la réabsorption d'eau et d'ions Na^+ pour garder constante les teneurs en eau et en ions minéraux dans l'organisme: il constitue l'effecteur principal de la régulation de la pression osmotique du milieu intérieur.

La réabsorption d'eau au niveau du tube contourné proximal et de la branche descendante de l'anse de Henlé est la même pour tous les individus: c'est **une réabsorption obligatoire**.

La réabsorption d'eau au niveau du tube collecteur varie selon l'état d'hydratation de l'individu: c'est une **réabsorption facultative**. (activité 3)

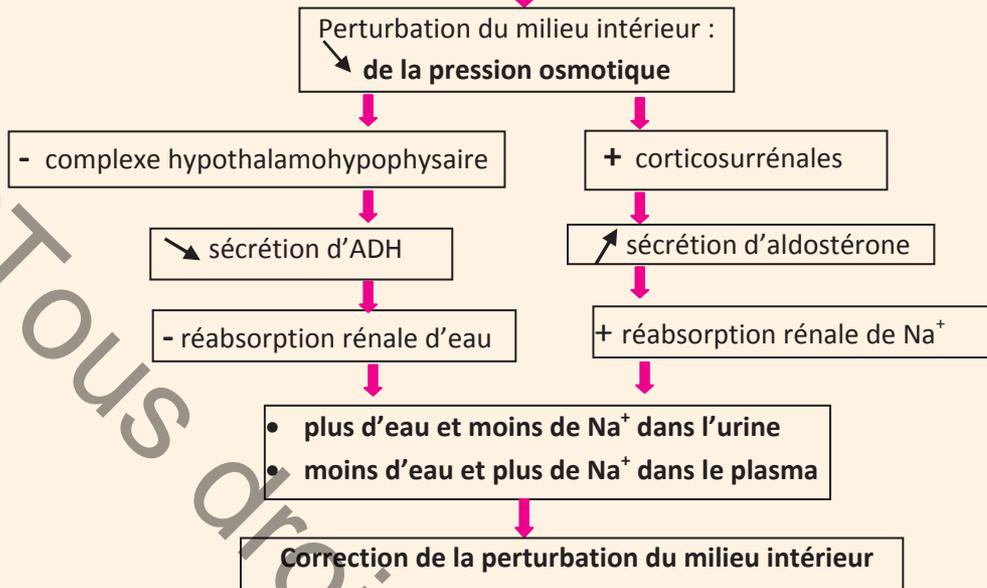
Les reins éliminent l'eau et les ions minéraux en excès pour garder constante la pression osmotique du milieu intérieur. C'est un rôle osmorégulateur.

❖ Contrôle de la réabsorption d'eau et d'ions Na^+ au niveau du néphron

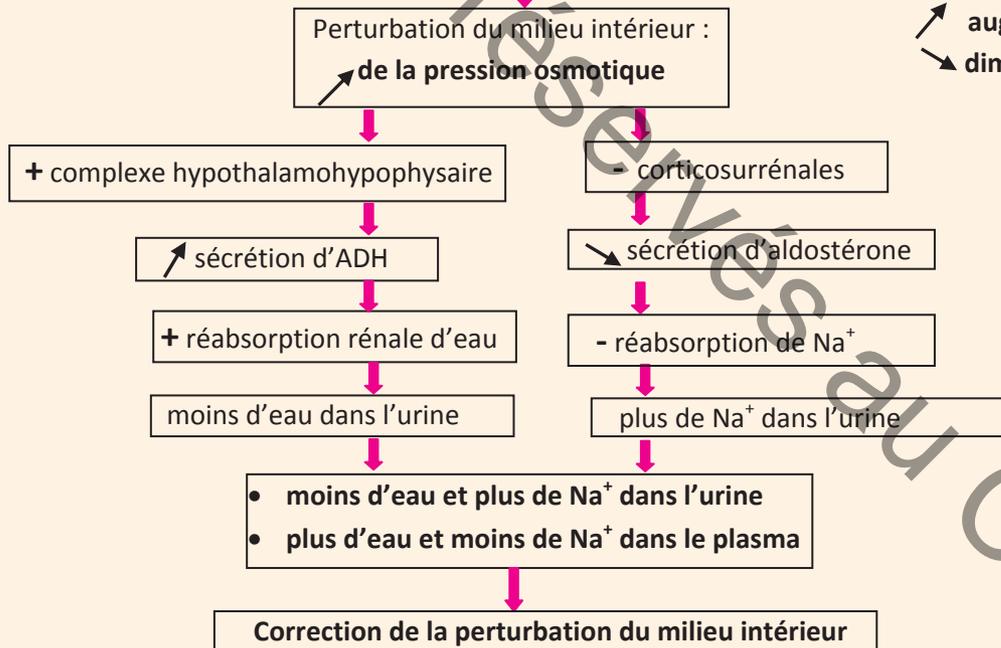
Le fonctionnement du néphron n'est pas autonome; il est sous la dépendance de deux hormones: l'ADH (ou vasopressine ou hormone antidiurétique) et l'aldostérone.

	ADH	Aldostérone
Origine	synthétisée par les neurones de l'hypothalamus puis déversée dans le sang au niveau de l'hypophyse postérieure.	synthétisée par les cellules des corticosurrénales.
Cellules cibles	cellules de la paroi du tube collecteur.	cellules du tube contourné distal.
Mode d'action	1- fixation de l'ADH sur un récepteur membranaire. 2- modification de l'activité de la cellule du tube collecteur. 3- augmentation de la perméabilité membranaire à l'eau. 4- réabsorption d'eau	1- fixation de l'aldostérone sur un récepteur intracellulaire 2- augmentation de la synthèse de protéines membranaires 3- réabsorption d'ions Na^+ à partir de l'urine
Effets physiologiques	stimule la réabsorption d'eau	stimule la réabsorption de Na^+ .
Déterminisme de la sécrétion	augmentation de la pression osmotique ou diminution de la volémie du milieu intérieur.	diminution de la pression osmotique du milieu intérieur.

Première situation :
hyperhydratation et/ou déficit en sel



Deuxième situation :
déshydratation et/ou excès de sel



+ : stimulation
- : inhibition
↗ augmentation
↘ diminution

RÔLE DU REIN DANS LA DÉSINTOXICATION DE L'ORGANISME

Les reins éliminent dans l'urine :

- **Les substances toxiques d'origine endogène** (les déchets azotés, les hormones ou les produits provenant de leur transformation).
- **Les substances toxiques d'origine exogène ou xénobiotiques** (les pesticides, les additifs alimentaires, les colorants, l'acide hippurique, les médicaments, les polluants, les drogues, les produits dopants utilisés par les sportifs).

I- RESTITUTION DES CONNAISSANCES

Exercice 1 : questions aux choix multiples (QCM)

Pour chacun des items suivants, il peut y avoir une ou deux réponse(s) correcte(s). Repérer pour chaque item la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux deux) réponse(s) correcte(s).

1) L'urée est une substance toxique qui résulte de la dégradation cellulaire:

- a- du glucose.
- b- du cholestérol.
- c- des acides gras.
- d- des acides aminés.

2) Au niveau des glomérules, il se produit :

- a- une réabsorption d'eau.
- b- une ultrafiltration du plasma.
- c- une sécrétion d'ammoniaque.
- d- une réabsorption d'ion sodium.

3) L'ADH est une neurohormone :

- a- synthétisée au niveau de l'hypophyse postérieure.
- b- synthétisée au niveau des neurones hypothalamiques.
- c- qui stimule la réabsorption tubulaire d'eau.
- d- qui stimule la réabsorption tubulaire d'ions sodium.

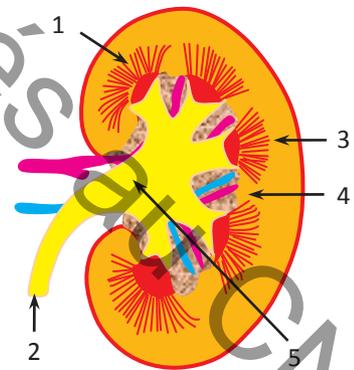
4) L'aldostérone est une hormone :

- a- synthétisée par les reins.
- b- synthétisée par les corticosurrénales.
- c- qui stimule la réabsorption tubulaire d'eau.
- d- qui stimule la réabsorption tubulaire d'ions sodium.

Exercice 2

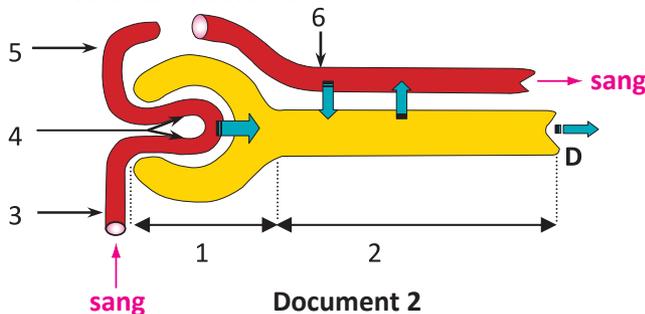
Le document 1 représente une coupe longitudinale du rein.

1) Annoter ce document.



Document 1

Le document 2 représente schématiquement le néphron et sa vascularisation ainsi que les principaux phénomènes qui caractérisent son fonctionnement.



Document 2

2) Identifier les structures de 1 à 6 et les phénomènes de A à D.

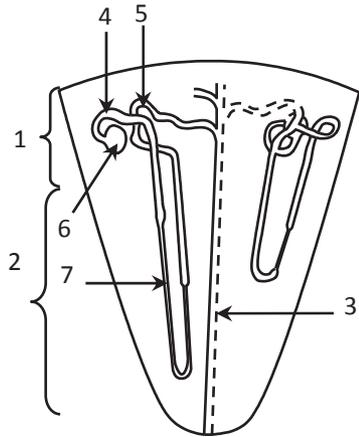
Exercice 3

Le document suivant représente schématiquement la structure d'un néphron.

- 1) Identifier les éléments repérés par les numéros de 1 à 7.
- 2) Il est possible de faire des prélèvements d'urine dans différents segments du néphron.

L'analyse de l'un de ces prélèvements montre la présence de tous les éléments du plasma sauf les lipides et les protides.

- préciser le niveau de prélèvement de ce liquide et le nommer.
- expliquer l'absence des lipides et des protides dans le liquide prélevé tout en précisant le phénomène mis en jeu.



II-MOBILISATION DES CONNAISSANCES

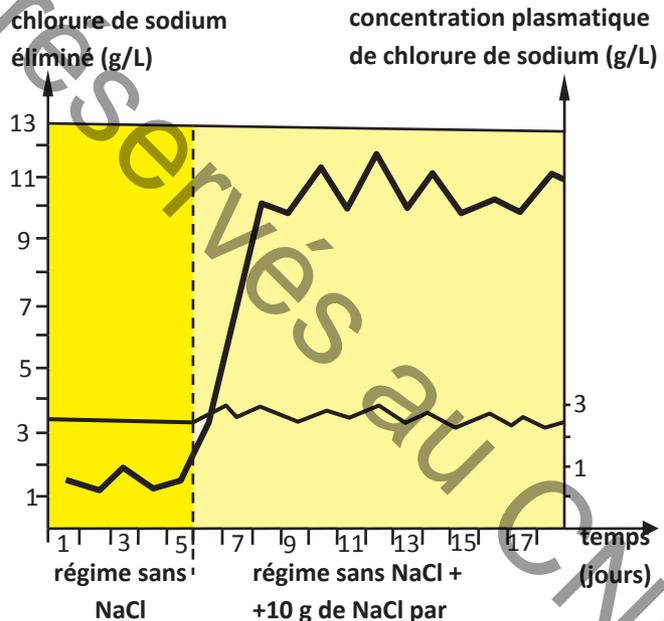
Exercice 4

Afin de montrer le rôle du rein dans la régulation de la composition du milieu intérieur, on réalise l'expérience suivante :

On suit l'évolution de la concentration de chlorure de sodium dans le plasma et dans les urines chez un sujet dans deux situations différentes :

- 1^{ère} situation : sujet soumis à un régime sans chlorure de sodium
- 2^{ème} situation : sujet soumis à un régime sans chlorure de sodium avec addition de 10 g de NaCl/jour

Les résultats figurent dans le graphe ci-contre.



- 1) Analyser l'évolution de la quantité de NaCl dans le plasma et dans l'urine dans chacune des deux situations afin de déduire un rôle des reins.
- 2) En se basant sur les connaissances requises, expliquer le mécanisme hormonal permettant la régulation du taux plasmatique de sodium en cas d'apport excessif de NaCl.

Exercice 5

On se propose d'étudier quelques aspects de la régulation de la pression osmotique. Pour cela, on réalise les expériences suivantes.

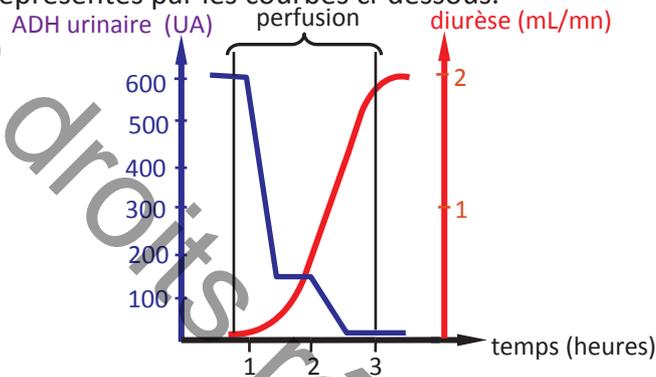
Expérience 1 :

- La destruction du lobe postérieur de l'hypophyse chez un animal entraîne l'augmentation de la diurèse.
- L'injection d'extraits post-hypophysaires à l'animal précédent corrige les troubles.

1) A partir des résultats expérimentaux, déduire le rôle de l'hypophyse postérieure mis en évidence.

Expérience 2 : on mesure la diurèse et le taux de l'ADH urinaire chez un chien normal auquel on perfuse une solution de NaCl hypotonique par rapport au plasma.

Les résultats sont représentés par les courbes ci-dessous.



2) Analyser parallèlement les 2 courbes en vue d'établir les relations entre les paramètres étudiés.

3) En exploitant l'ensemble des informations fournies par ces résultats expérimentaux et en utilisant vos connaissances, précisez les mécanismes intervenant dans la régulation de la pression osmotique suite à la perfusion d'une solution hypotonique de NaCl.

Exercice 6

Jusqu'à 1940, les premiers reins artificiels étaient conçus pour n'éliminer que l'urée du sang car on considérait que le rein n'était qu'une sorte d'épurateur. Les personnes ainsi traitées mourraient toutes rapidement.

1) Quel rôle du rein n'était pas encore connu à cette époque ?

Après amélioration apportée à l'appareil, on a pu aboutir à la survie des personnes traitées. Le tableau suivant représente les résultats des examens du sang d'un sujet avant et après hémodialyse.

	Sang Avant dialyse	Sang après dialyse
Sodium (g/L)	3,3	3,3
Potassium (g/L)	0,19	0,13
Urée (g/L)	1,3	0,35
Acide urique (g/L)	0,068	0,04
Créatinine (g/L)	0,105	0,03
Phosphore (g/L)	0,046	0,023

2) Justifier que l'hémodialyse a permis une épuration du sang.

3) Préciser le 2^{ème} rôle assuré par ce rein artificiel et contribuant à la survie des malades.

En quoi consiste l'hémodialyse ?

Un mauvais fonctionnement des reins peut entraîner des troubles graves : accumulation dans le sang de déchets normalement évacués dans les urines, variation anormale de la volémie et de la composition (eau, sels minéraux..) du milieu intérieur. L'organisme ne peut supporter plus de quelques jours un arrêt de l'activité rénale. Les médecins utilisent deux méthodes pour suppléer les reins défaillants :

- transplantation rénale ou greffe de rein, dès qu'un rein compatible est disponible
- le rein artificiel : machine à épurer le sang au moyen d'une circulation extracorporelle permettant aux insuffisants rénaux de compenser le mauvais fonctionnement de leurs reins.

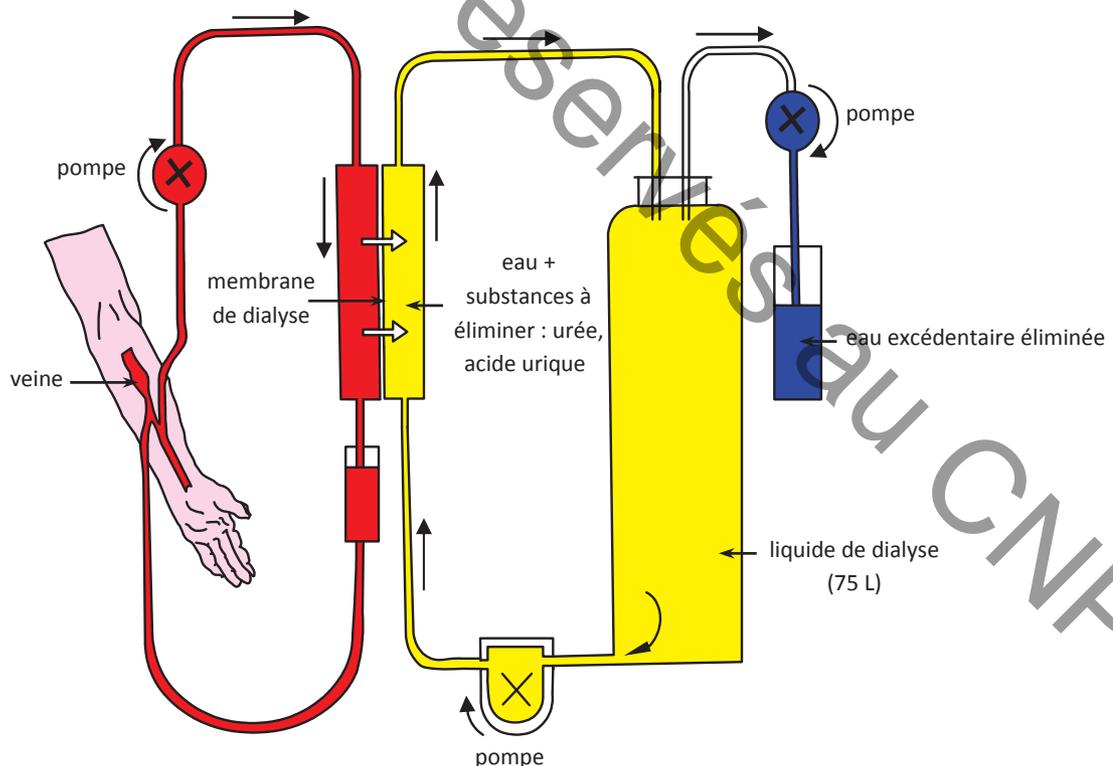
La pratique de l'hémodialyse (hém= sang ; dialyse= échange)

Le sang d'une veine est détourné : il est mis en circulation par une pompe dans le rein artificiel et retourne ensuite à l'organisme. Dans le rein artificiel, le sang est filtré de sorte qu'il soit débarrassé de ses déchets toxiques et de ses sels minéraux excédentaires. Ces substances diffusent à travers la membrane et passent donc dans le liquide de dialyse.

La dialyse permet ainsi :

- une perte d'eau donc une baisse de la pression sanguine.
- une épuration du sang : les déchets toxiques (urée, acide urique...) sont éliminés.
- une élimination de l'excès d'ions minéraux pour maintenir constant la composition du plasma sanguin.

La durée de la dialyse est de 5 heures.



Qu'est ce qu'un calcul rénal ?

Chez certaines personnes, les sels de calcium, dissous dans les urines, ainsi que l'acide urique peuvent se solidifier pour former des cristaux qui se retrouvent tout le long de l'appareil urinaire, bloquant ainsi plus au moins l'excrétion des urines. La maladie est appelée la Lithiase urinaire responsable de crises appelées coliques néphrétiques. Elle est favorisée par des apports hydriques insuffisants inférieurs à 1.5 L/jour et les excès alimentaires riches en protéines.

Il est devenu possible de débarrasser l'organisme des calculs urinaires avec la technique du laser ou par traitements chirurgicaux en ultime recours.



Un calcul rénal

Pourquoi le taux sanguin de la créatinine est-il élevé chez les sportifs?

La créatinine est une substance qui provient du catabolisme de la créatine phosphate que les muscles utilisent pour fournir de l'énergie; par conséquent :

- plus la masse musculaire est importante plus le taux de créatinine est élevé. Les hommes ont donc naturellement plus de créatinine que les femmes.
 - l'utilisation d'un complément alimentaire de créatine augmente le taux de créatinine.
 - plus on pratique du sport, plus on produit de la créatinine (car les muscles travaillent).
- Donc si on fait la prise de sang le lendemain d'un sport, il est presque certain que la valeur sera surélevée à cause des efforts de la veille.
- plus on mange des protéines, plus on produit de la créatinine.

Les sportifs, et en particulier les sportifs de force, ont donc toutes les caractéristiques permettant d'avoir un taux de créatinine dans le sang supérieur à la normale. Pour autant, cela n'est pas une anomalie.



1. L'homme consomme plusieurs aliments riches en glucides



2. Des tests de glycémie simples permettent un dosage immédiat de la glycémie ; une seule goutte de sang suffit pour déterminer la glycémie.

La glycémie est le taux sanguin de glucose. Elle est normalement voisine de 1g/L. La valeur de ce paramètre est un indicateur fondamental de l'état de santé de notre organisme.

Objectif : Expliquer les mécanismes régulateurs de la glycémie.

LES GLUCIDES LES PROTIDES ET LES LIPIDES

Le glucose est un sucre simple à 6 atomes de carbone (hexose) molécule unité des sucres complexes (amidon et glycogène).

Le glycogène est un sucre de réserve des cellules animales, c'est un polymère de glucose.

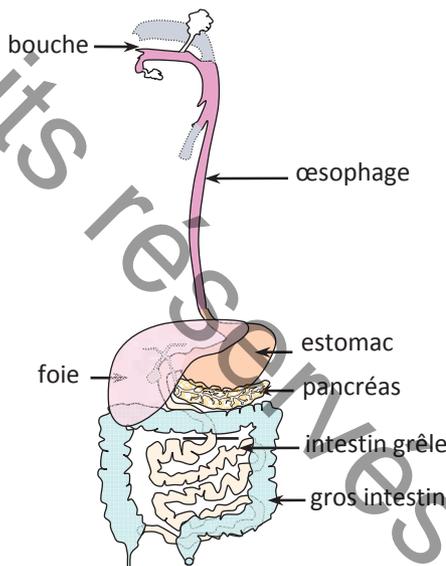
Les protéines sont formées d'un grand nombre d'acides aminés associés par des liaisons peptidiques.

Les lipides sont des esters d'alcool et d'acides gras.

DIGESTION ET ABSORPTION

La digestion est la simplification moléculaire c'est-à-dire la transformation des macromolécules alimentaires en nutriments.

L'appareil digestif est constitué de voies digestives (bouche, œsophage, intestins) et de glandes digestives (glandes salivaires, glandes gastriques, foie, pancréas et glandes intestinales)



Organisation de l'appareil digestif

L'absorption intestinale est le passage des nutriments (glucose, acides aminés, acides gras ...) de la lumière de l'intestin vers le sang ou la lymphe en traversant la paroi intestinale.

L'HOMÉOSTASIE

L'homéostasie est l'ensemble des réactions de l'organisme qui maintiennent la constance du milieu intérieur.

L'analyse de sang réalisée chez un sujet en bonne santé et un sujet diabétique permettent de préciser les valeurs de la glycémie à jeûn chez ces deux individus.

Examen biochimique du sang

	Résultat	Valeurs usuelles
GLUCOSE	0,9 g/L	0.80 à 1.10
	5,005 mmol/L	3.89 à 6.11

Résultat d'examen de sang chez un sujet normal

Examen biochimique du sang

	Résultat	Valeurs usuelles
GLUCOSE	1.56 g/L	0.80 à 1.10
	8.67 mmol/L	3.89 à 6.11

Résultat d'examen de sang chez un sujet atteint de diabète

Chez un sujet en bonne santé, le taux de glucose sanguin se situe dans les limites des valeurs définies comme normes physiologiques. Chez un sujet diabétique, la glycémie dépasse la limite supérieure usuelle : c'est une hyperglycémie.

Toutes les cellules de l'organisme utilisent de façon continue le glucose comme source d'énergie et doivent par conséquent recevoir un apport régulier de glucose, par le sang, indépendamment du rythme de l'alimentation.

La glycémie (ou taux sanguin de glucose) demeure constante malgré des entrées discontinues et une utilisation continue et variable de glucose par les cellules ; ceci suppose l'existence de mécanismes régulateurs de la glycémie.

Ces mécanismes semblent être perturbés chez les sujets diabétiques.

Par quels mécanismes se fait la régulation de la glycémie ?

I- LES ORGANES EFFECTEURS DE LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

Activité 1

Document 1 : Mise en évidence d'une régulation de la glycémie

1a. Première constatation:

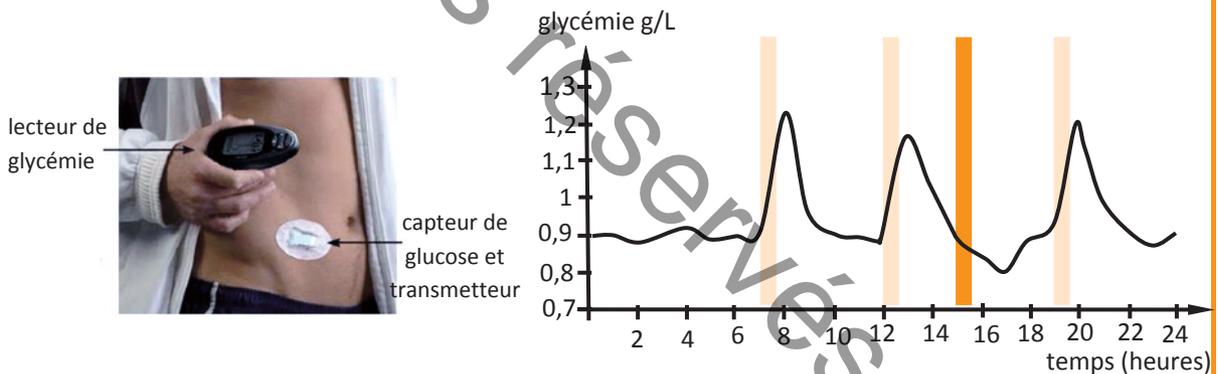
- ❖ L'alimentation apporte une quantité importante de glucides (amidon, saccharose, glucose...) dont la digestion aboutit à une grande quantité de glucose qui passe dans le sang à travers la paroi intestinale. Ainsi les repas tendent à provoquer un excès de glucose dans le sang. Il y a tendance à l'hyperglycémie.
- ❖ Entre les repas, il n'y a plus d'apports alimentaires de glucose. Il y a tendance à l'hypoglycémie.

1b. Deuxième constatation:

L'activité physique consomme du glucose. Lorsqu'on court par exemple, les muscles en activité ont besoin de plus de glucose pour fournir l'énergie nécessaire au mouvement. Ainsi l'activité physique tend à provoquer un déficit en glucose dans le sang et à faire baisser, ainsi, la glycémie. Il y a tendance à l'hypoglycémie.

1c. Évolution de la glycémie chez un individu normal:

A l'aide d'un lecteur de la glycémie, on mesure en continu, pendant une journée, la variation de ce paramètre chez un individu normal.



1. Lecteur de glycémie en continu relié à un capteur placé sous la peau

2. Résultat de la mesure de la glycémie

Tâche 1 :

- 1) a- Indiquer, d'après le document 1c, comment varie la glycémie à chaque repas.
b- Préciser la cause de cette variation d'après le document 1a.
- 2) a- Indiquer, d'après le document 1c, comment varie la glycémie au cours d'une activité sportive.
b- Préciser la cause de cette variation d'après le document 1b.
- 3) Le retour de la glycémie à la valeur initiale suggère la présence dans l'organisme d'organes effecteurs qui réagissent quand il y a tendance à l'hyperglycémie ou à l'hypoglycémie. Prévoir comment ces organes effecteurs peuvent se comporter pour permettre à la glycémie de retrouver rapidement sa valeur normale suite à un excès de glucose ou à un déficit de glucose dans le sang.

Document 2 : Mise en évidence des organes effecteurs de la régulation de la glycémie

Dans le but de préciser le devenir du glucose absorbé, on fait ingérer à un animal une quantité de glucose marquée par des atomes de carbone radioactif. Deux heures plus tard, on mesure le pourcentage de radioactivité dans l'organisme.

Le tableau suivant représente les résultats obtenus.

	Sang et lymphes	Foie	Muscles	Tissu adipeux
Radioactivité retrouvée	5 %	55 %	18 %	11 %

- La radioactivité retrouvée dans le sang et la lymphe (5%) correspond au glucose qui circule à une concentration voisine de la valeur normale.
- La radioactivité retrouvée dans divers organes (84%) correspond à du glucose retenu par ces organes.
- La différence par rapport à la quantité initiale ingérée (11%) correspond au glucose consommé par l'organisme au cours de la respiration cellulaire.

Tâche 2 :

- Sachant que le stockage de l'excès de glucose par certains organes permet à la glycémie de retrouver rapidement sa valeur normale évitant ainsi une hyperglycémie :
 - indiquer les organes effecteurs qui semblent intervenir dans la régulation de la glycémie suite à un repas.
 - pourquoi considère-t-on que le foie est l'organe effecteur le plus important pour la régulation de la glycémie?
- Sachant qu'en cas d'hypoglycémie, la libération du glucose dans le sang permet à la glycémie de retrouver rapidement sa valeur normale, proposer une (ou des) hypothèse (s) concernant le (ou les) organe(s) effecteurs de la régulation de la glycémie dans ce cas.

II- RÔLE DU FOIE DANS LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

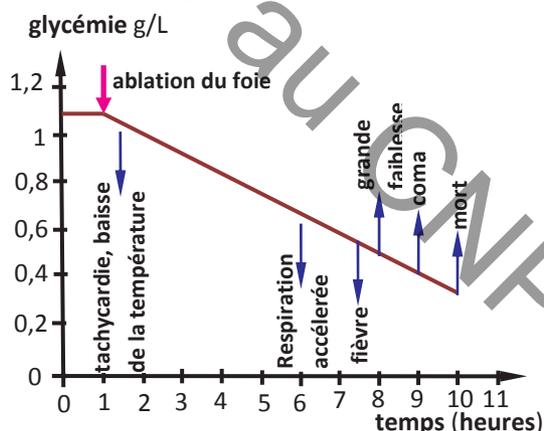
Activité 2

Document 3 : Mise en évidence de l'intervention du foie dans la régulation de la glycémie

Un chien ayant subi l'ablation du foie ne survit que quelques heures. Parmi les troubles qui précèdent la mort, on note que l'animal tombe dans le coma : c'est la conséquence d'une souffrance des cellules nerveuses cérébrales qui ne sont plus alimentées suffisamment en glucose car la glycémie s'effondre. (voir courbe)

Si on pratique alors une perfusion de glucose, l'animal sort du coma en quelques minutes et retrouve un pouls et une respiration normale.

Ce rétablissement n'est que temporaire et la survie ne peut être ainsi prolongée que de 18 à 24 heures : le foie assure en effet d'autres fonctions vitales.



Tâche 3 :

A partir de l'analyse de la courbe et des données fournies par le document 3, déduire le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

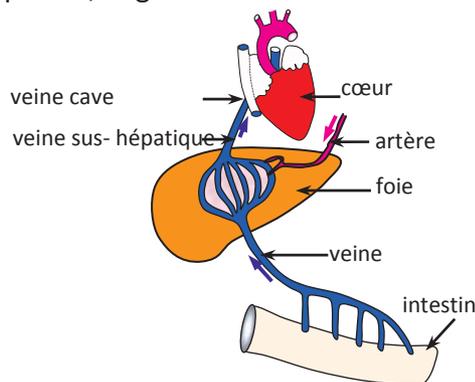
Document 4 : Localisation et vascularisation du foie

Le foie assure un certain nombre de fonctions essentielles de l'organisme. C'est un organe volumineux qui se situe sous le diaphragme et qui pèse 1,5 kg chez l'homme adulte.

Le foie est très richement vascularisé, ce qui lui confère une couleur rouge foncé.

Le foie possède une double irrigation :

- il reçoit, comme tous les organes, du sang oxygéné provenant directement de la circulation générale par l'artère hépatique.
- il reçoit aussi du sang qui provient de l'intestin par la veine porte hépatique. Ce sang est chargé de nutriments résultant de la digestion après les repas



3. Vascularisation du foie

Tâche 4 :

Décrire le trajet du glucose qui est produit par la digestion des glucides alimentaires.

Document 5 : Les fonctions glycogéniques du foie

5a. Expériences de Claude Bernard

Premières observations :

- un premier chien reçoit une alimentation riche en glucides; l'intestin et le sang contiennent du glucose.
- un second chien reçoit une alimentation sans glucides : il n'y a pas de glucose dans l'intestin, mais il en possède « **en aval du foie, dans les vaisseaux sus-hépatiques, dans la veine cave inférieure, dans le cœur droit et au-delà** ».

Tâche 5 :

1) Indiquer comment les premières observations de Claude Bernard permettent d'affirmer que le foie libère du glucose.

Claude Bernard poursuit son étude et essaie de trouver d'où vient le glucose présent dans les veines sus-hépatiques du chien n'ayant pas avalé de « sucre ». Il réalise alors la célèbre expérience du foie lavé en 1855 :

Expérience du foie lavé

« **J'ai choisi un chien adulte, vigoureux et bien portant qui depuis plusieurs jours était nourri de viande; je le sacrifiai 7 heures après un repas copieux de tripes. Aussitôt, le foie fut enlevé, et cet organe fut soumis à un lavage continu par la veine porte... Je laissai ce foie soumis à ce lavage continu pendant quarante minutes; j'avais constaté au début de l'expérience que l'eau colorée en rouge qui jaillissait par les veines hépatiques était sucrée ; je constatai en fin d'expérience que l'eau, parfaitement incolore qui sortait, ne renfermait plus aucune trace de sucre... J'abandonnai dans un vase ce foie à température ambiante et, revenu 24 heures après, je constatai que cet organe que j'avais laissé la veille complètement vide de sucre s'en trouvait pourvu abondamment.** »

Après avoir réalisé son expérience, Claude Bernard conclut : « cette expérience prouve que dans un foie frais, à l'état physiologique, c'est-à-dire en fonction, il y a deux substances:

- **le sucre, très soluble dans l'eau, emporté par le lavage;**

- une autre matière assez peu soluble dans l'eau: c'est une substance qui, dans le foie abandonné à lui-même, se changea peu à peu en sucre ».

Cette substance est le glycogène; il l'isolera 2 ans plus tard.

Tâche 5 :

2) Comment l'expérience du foie lavé permet- elle de préciser l'origine du glucose libéré ?

Origine du glycogène hépatique

« je pris des chiens je les divisai en deux groupes, donnant aux uns et aux autres la même alimentation, sauf une substance, le sucre. Les uns étaient soumis à un régime dans lequel il y avait des matières sucrées, les autres à un régime qui n'en comportait pas ».

Les phrases écrites en bleu sont extraites du journal de Claude Bernard

Claude Bernard constate que les deux catégories de chiens ont une glycémie normale et que leur foie contient du glycogène.

Le glycogène est un polymère de glucose, de formule chimique $(C_6H_{10}O_5)_n$ où n varie de 5000 à 30000.

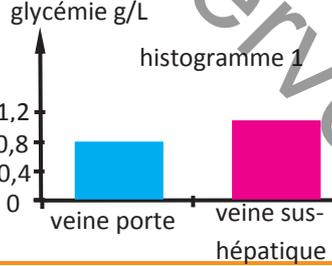
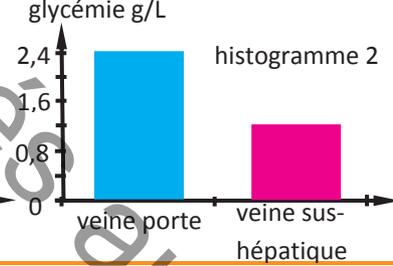
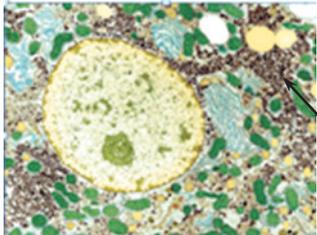
- sa synthèse, qui se fait par polymérisation de molécules de glucose, est appelée glycogénogenèse (ou glycogénèse).
- son hydrolyse, appelée glycogénolyse, redonne du glucose libre.

Le foie peut convertir d'autres molécules organiques telque les acides aminés, les acides gras, le glycérol en glucose c'est la néoglucogenèse.

Tâche 5:

3) Dédurre l'origine du glycogène hépatique.

5b. Des expériences complémentaires

Expériences	Résultats
<p>1. Des mesures de la glycémie sont réalisées à l'entrée et à la sortie du foie en période de jeûne (histogramme 1) d'une part et après un repas (histogramme 2) d'autre part.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>glycémie g/L</p>  <p>histogramme 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>glycémie g/L</p>  <p>histogramme 2</p> </div> </div>
<p>2. On réalise l'observation microscopique d'hépatocytes (cellules du foie) colorés à l'eau iodée avant et après un jeûne (figure 4a et 4b). L'eau iodée colore en brun le glycogène.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>glycogène</p> <p>4a. Hépatocyte avant jeûne</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>4b. Hépatocyte après jeûne</p> </div> </div>

Tâche 5 :

4) A partir de l'analyse de ces résultats expérimentaux, indiquer, parmi les déductions de Claude Bernard, celle qui se sont confirmées.

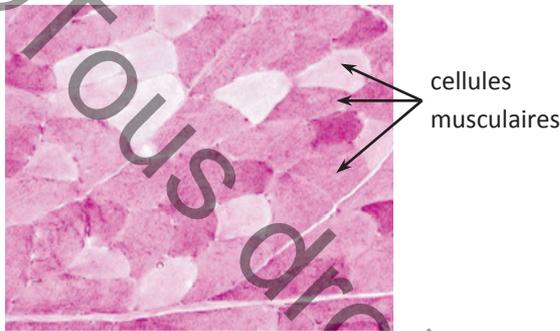
5) Sachant que l'ensemble des réactions régulatrices de la glycémie se déroulant dans le foie est nommé fonction glycogénique du foie, faire un bilan illustré qui résume cette fonction.

III- RÔLE DES AUTRES EFFECTEURS DANS LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

Activité 3

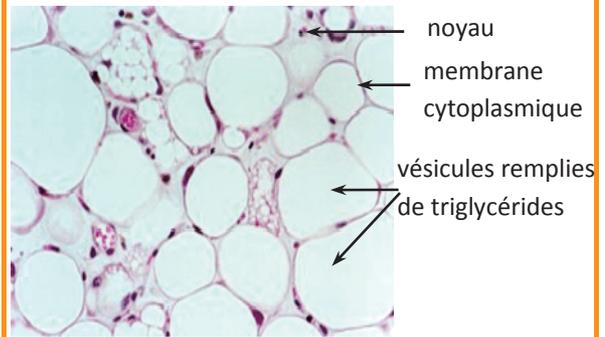
Document 6 : Les formes de stockage du glucose dans les cellules musculaire et adipeuses

D'après le document 2 de l'activité 1, les muscles et les tissus adipeux sont capables de stocker le glucose. L'observation microscopique de cellules musculaires et adipeuses met en évidence les formes de stockage de ce glucose (figure 5 et figure 6).



5. Cellules musculaires colorées en coupe transversale

Les cellules musculaires stockent du glycogène pour l'utiliser lors de la contraction. Plus les cellules sont foncées, plus elles sont riches en glycogène.



6. Cellules adipeuses

Les cellules adipeuses ou adipocytes sont spécialisées dans le stockage des lipides qui seront utilisés comme source d'énergie en cas de besoin.

Tâche 6:

Identifier les formes de stockage du glucose dans les cellules musculaires et dans les adipocytes.

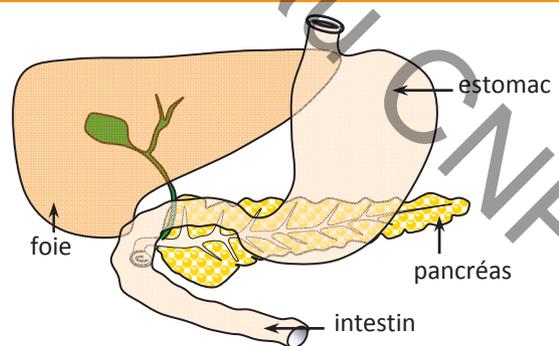
IV- RÔLE DU PANCRÉAS DANS LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

Activité 4

Document 7 : Les fonctions du pancréas

7a. Une observation clinique

Des observations cliniques ont montré que le diabète (état d'hyperglycémie chronique) est souvent associé à une lésion du pancréas.



7. Emplacement du pancréas dans l'appareil digestif

Tâche 7:

1) Proposer une hypothèse concernant le rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie.

7b. Mise en évidence des fonctions du pancréas

Expériences	Résultats
1. chez un chien normal, on réalise l'ablation du pancréas.	<ul style="list-style-type: none"> - troubles digestifs - hyperglycémie accompagnée d'une importante miction - présence de glucose dans les urines (glycosurie)
2. chez un chien normal, on ligature le canal pancréatique.	<ul style="list-style-type: none"> - troubles digestifs - glycémie normale
3. chez un chien pancréatectomisé, on réalise une greffe sous cutanée de pancréas ou une injection d'extrait pancréatique après inactivation des enzymes digestives.	<ul style="list-style-type: none"> - persistance des troubles digestifs - rétablissement de la glycémie à sa valeur normale.

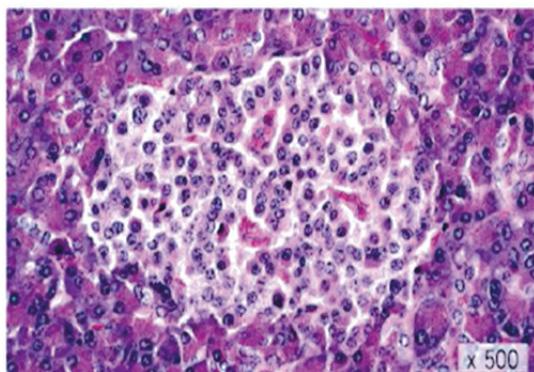
Tâche 7 :

- 2) Dédurre les rôles du pancréas dans l'organisme à partir des résultats l'expérience 1.
- 3) A partir de l'analyse des résultats de l'expérience 2, justifier que le pancréas intervient dans la digestion par une fonction exocrine.
- 4) A partir de l'analyse des résultats de l'expérience 3 et des connaissances requises concernant le mode de communication entre les organes, justifier que le pancréas intervient dans la régulation de la glycémie par une fonction endocrine.

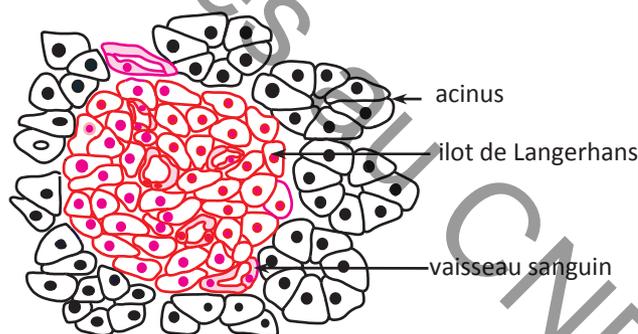
Document 8 : Les structures du pancréas en relation avec ses fonctions

L'observation microscopique d'une coupe de pancréas montre qu'il est formé de deux types de structures :

- ❖ les acini : un acinus est un groupe de cellules qui se prolongent par un tube collecteur ; les tubes collecteurs communiquent avec le canal pancréatique en relation avec l'intestin.
- ❖ les ilots de Langerhans : amas cellulaires richement vascularisé.



8a. Coupe microscopique de pancréas



8b. Schéma d'interprétation

Tâche 8 :

- 1) Proposer des hypothèses concernant la relation entre les structures pancréatiques et leur fonction.

Pour tester les hypothèses émises, on réalise les expériences suivantes :

Expériences	Résultats
1. chez un chien normal, on détruit sélectivement des îlots de Langerhans du pancréas.	- hyperglycémie analogue à celle obtenue à la suite de la pancréatectomie - pas de troubles digestifs.
2. chez l'animal précédent, on injecte des extraits des îlots de Langerhans.	- retour de la glycémie à la normale.
3. chez un chien ayant subi la ligature du canal pancréatique, on réalise l'observation microscopique du pancréas.	- îlots de Langerhans d'aspect normal - acini atrophiés.

Tâche 8 :

2) Exploiter les résultats expérimentaux pour établir la relation entre les fonctions et les structures du pancréas.

V- LA FONCTION ENDOCRINE DES ILOTS DE LANGERHANS

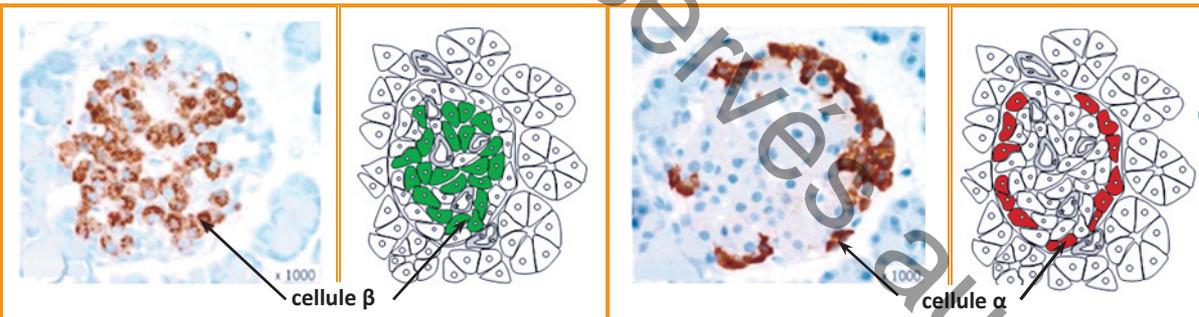
Activité 5

Document 9 : Les cellules endocrines des îlots de Langerhans

9a. Histologie des îlots de Langerhans

Des techniques de coloration appropriées permettent de révéler, au niveau des îlots de Langerhans, deux catégories de cellules :

- les cellules β centrales représentant 80 %.
- les cellules α périphériques représentant 20 %.



9a. Localisation des cellules β dans un îlot de Langerhans

9b. Schéma d'interprétation

10a. Localisation des cellules α dans un îlot de Langerhans

10b. Schéma d'interprétation

9b. Rôle des cellules β et des cellules α

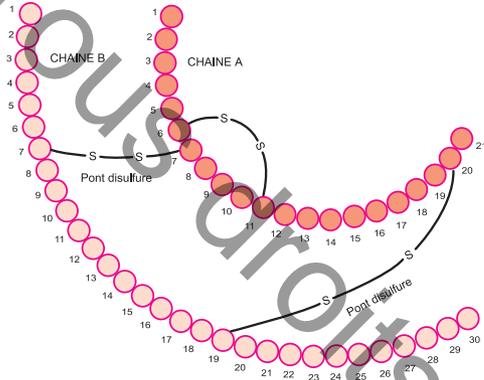
Dans le but de préciser le rôle des cellules β et des cellules α des îlots de Langerhans, on réalise les expériences suivantes.

Expériences	Résultats
1. chez un chien normal, on détruit des cellules β par injection d'alloxane.	apparition d'un diabète dit alloxanique
2. chez un animal normal, on injecte des extraits de pancréas d'un chien en état d'un diabète alloxanique	hyperglycémie

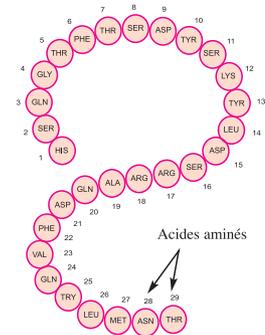
9c. Les hormones pancréatiques et leurs rôles

❖ A partir des extraits d'îlots de Langerhans, on a pu isoler des substances actives sur la glycémie, l'insuline et le glucagon.

L'insuline est une hormone de nature protidique constituée de deux chaînes peptidiques, l'une comprenant 21 acides aminés l'autre de 30 acides aminés. ces deux chaînes sont reliées par deux ponts disulfure.



Le glucagon est une hormone de nature protidique formée d'une chaîne peptidique de 29 acides aminés.

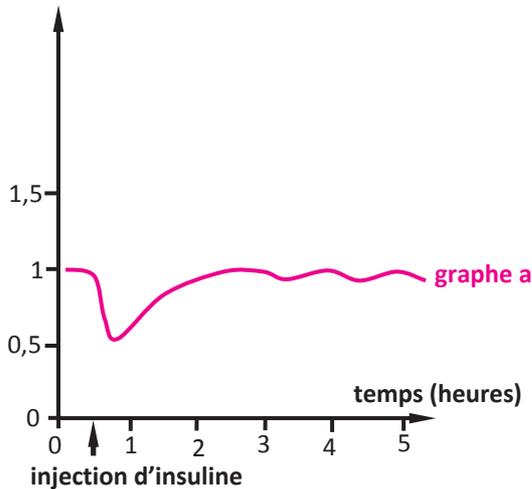


❖ Expérience : on mesure la variation de la glycémie, chez un animal, dans les cas suivants :

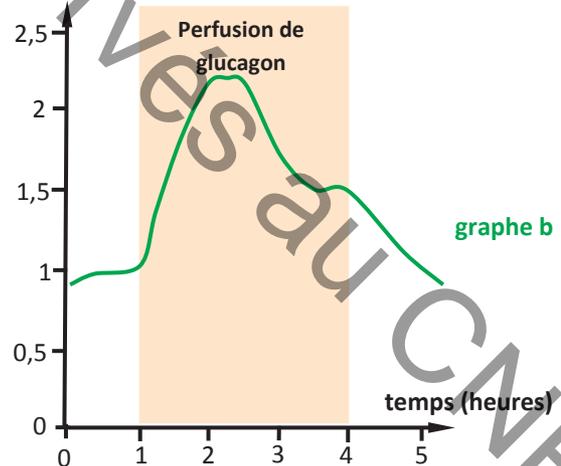
- suite à l'injection d'insuline.
- suite à la perfusion de glucagon.

Les résultats sont représentés par les graphes a et b suivants.

glycémie g/L



glycémie g/L



Tâche 9 :

- 1) À partir de l'analyse des expériences 1 et 2 du document 9b, déduire le rôle des cellules β et celui des cellules α .
- 2) Analyser les graphes a et b du document 9c afin de déduire le rôle de l'insuline et celui du glucagon.
- 3) Mettre en relation les données du document 9 pour dégager l'origine des hormones pancréatiques.

VI- MÉCANISME DE LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

Activité 6

Document 10 : Les cellules cibles de l'insuline et du glucagon

10a. Pour déterminer les cellules cibles de l'insuline et du glucagon, on réalise l'expérience suivante :

On incube diverses cellules (hépatocytes, cellules musculaires et adipocytes) dans un milieu de culture en présence de l'insuline radioactive ou de glucagon radioactif.

On cherche la présence de la radioactivité sur la membrane cytoplasmique de ces cellules. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Hépatocytes	Cellule musculaires	Adipocytes
Insuline radioactive	+	+	+
Glucagon radioactif	+	-	-

+ présence de radioactivité

- absence de radioactivité

Tâche 10 :

En se basant sur ces résultats et sur les connaissances concernant le mode d'action des hormones :

- expliquer la présence de la radioactivité sur la membrane cellulaire dans certains cas et son absence dans d'autres cas.
- déduire les cellules cibles de l'insuline et celles du glucagon.
- représenter par un schéma le mode d'action de l'insuline sur une cellule cible.

Document 11 : Effets physiologiques des hormones pancréatiques

11a. Effets de l'insuline sur les cellules hépatiques.

Dans le but de déterminer les effets physiologiques de l'insuline sur les cellules hépatiques, on réalise l'expérience suivante :

Expérience	Résultat
<p>1. On suit l'évolution du taux de glycogène hépatique chez un animal à la suite de l'ablation du pancréas ensuite à la suite de l'injection de l'insuline. Le résultat est présenté par le graphe ci-contre.</p>	<p>Le graphique illustre l'évolution du taux de glycogène hépatique (en % de la masse de foie frais) au cours du temps (en heures). À t=0, l'ablation du pancréas entraîne une chute du taux de glycogène. À t=4 heures, une injection répétée d'insuline est effectuée, ce qui provoque une augmentation du taux de glycogène.</p>

11b. Effet du glucagon sur les cellules hépatiques.

Dans le but de déterminer les effets physiologiques du glucagon sur les cellules hépatiques, on réalise les 2 expériences suivantes :

Expériences	Résultats									
<p>2. On suit l'évolution du taux de glycogène hépatique chez un animal normal au cours et à la suite de la perfusion du glucagon. Les résultats sont présentés par le graphe ci-contre.</p>	<p style="text-align: center;">taux de glycogène hépatique ($\mu\text{mol.g}^{-1}$)</p> <p style="text-align: center;">500 400 300 200 100 0</p> <p style="text-align: center;">0 2 4 6 temps (heures)</p>									
<p>3. On mesure la quantité d'acides aminés et de glucose hépatiques avant et après perfusion du foie par le glucagon. Les résultats figurent dans le tableau ci-contre.</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%;">Sans perfusion du foie avec le glucagon</th> <th style="width: 35%;">Avec perfusion du foie avec le glucagon</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantité d'acides aminés libres dans le foie</td> <td style="text-align: center;">++++</td> <td style="text-align: center;">+</td> </tr> <tr> <td>Quantité de glucose libre dans le foie</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">++++</td> </tr> </tbody> </table>		Sans perfusion du foie avec le glucagon	Avec perfusion du foie avec le glucagon	Quantité d'acides aminés libres dans le foie	++++	+	Quantité de glucose libre dans le foie	+	++++
	Sans perfusion du foie avec le glucagon	Avec perfusion du foie avec le glucagon								
Quantité d'acides aminés libres dans le foie	++++	+								
Quantité de glucose libre dans le foie	+	++++								

Tâche 11 :

1) Analyser les résultats des expériences 1, 2 et 3 afin de déduire les effets physiologiques de l'insuline et du glucagon sur les cellules hépatiques.

11c. Effet de l'insuline sur les cellules musculaires

Deux tissus musculaires sont prélevés puis mis en culture dans des milieux avec ou sans insuline. Des mesures sont réalisées pour connaître leur comportement vis-à-vis du glucose et du glycogène.

	Muscle placé dans un milieu sans insuline	Muscle placé dans un milieu contenant l'insuline
Glucose prélevé par le muscle	1,4 mg/g de muscle	1,88 mg/g de muscle
Glycogène musculaire	2,5 mg/g de muscle	2,85 mg/g de muscle

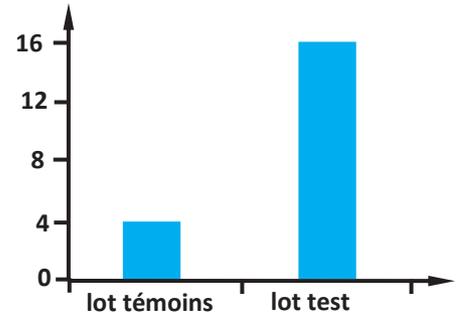
11d. Effet de l'insuline sur les cellules adipeuses

❖ Une expérience a été menée sur des adipocytes cultivés sur un milieu nutritif contenant du glucose.

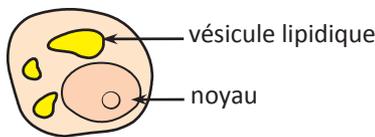
On mesure le prélèvement de glucose par ces cellules dans deux conditions :

- le milieu ne contient que des éléments nutritifs (lot témoin)
- Le milieu contient, en plus des éléments nutritifs, de l'insuline (lot test)

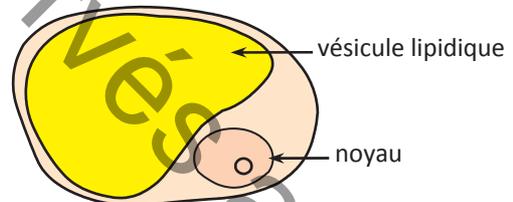
prélèvement de glucose par les adipocytes $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$



❖ Il a été aussi prouvé qu'en présence d'insuline la synthèse de triglycérides (lipides) par les adipocytes à partir du glucose sanguin augmente.



11a. Adipocyte dans un milieu sans insuline



11b. Adipocyte dans un milieu avec insuline

11e. Autre effet physiologique de l'insuline

L'insuline augmente la perméabilité membranaire au glucose et stimule son utilisation par toutes les cellules de l'organisme, sauf les cellules nerveuses et rénales.

Tâche 11 :

2) Analyser les résultats fournis par les documents 11c et 11d pour préciser l'effet de l'insuline sur les cellules musculaires et adipeuses.

3) A partir des informations dégagées du document 11, représenter, à l'aide d'un schéma, les effets physiologiques de l'insuline (effets dans l'organisme).

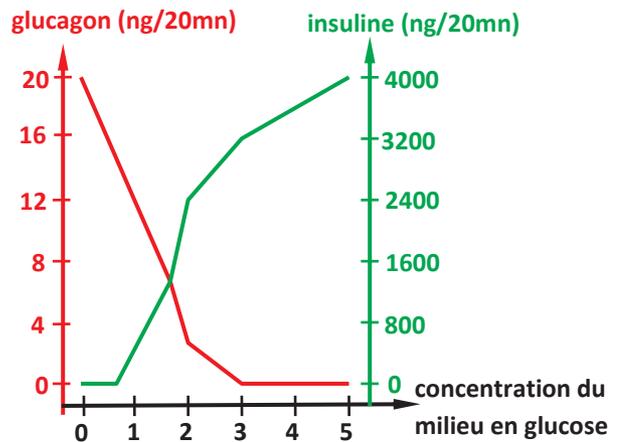
Activité 7

Document 12 : Déterminisme de la sécrétion des hormones pancréatiques

Dans le but de préciser les conditions de déclenchement, de la sécrétion des hormones pancréatiques, on réalise l'expérience suivante.

Des îlots de Langerhans de pancréas de rat sont isolés et placés dans un milieu d'incubation dont on fait varier la concentration de glucose.

La libération du glucagon et celle de l'insuline sont régulièrement dosées. Les résultats sont représentés par les courbes ci-contre.



Tâche 12 :

- 1) Analyser parallèlement les courbes pour déduire le paramètre qui détermine les sécrétions d'insuline et de glucagon par le pancréas.
- 2) En se basant sur ces résultats expérimentaux, prévoir l'évolution de l'insulinémie et de la glucagonémie :
 - après un repas riche en glucides.
 - au cours d'un exercice musculaire.
- 3) Justifier que l'insuline et le glucagon sont deux hormones antagonistes.
- 4) En intégrant les informations dégagées à partir des activités 6 et 7, expliquer par un schéma fonctionnel le mécanisme de la régulation de la glycémie dans chacune des situations suivantes :
 - suite à une hyperglycémie.
 - suite à une hypoglycémie.

L'ensemble des réactions se déroulant dans le foie et intervenant dans la régulation de la glycémie est la **fonction glycogénique** du foie.

III- LE PANCRÉAS : ORGANE RÉGULATEUR DE LA GLYCÉMIE

L'ablation du pancréas chez un animal provoque une hyperglycémie et une altération de la fonction digestive. La greffe d'un pancréas à cet animal rétablit la glycémie mais ne corrige pas les troubles digestifs. Le pancréas est en effet constitué de deux types de structures lui permettant de réaliser une double fonction:

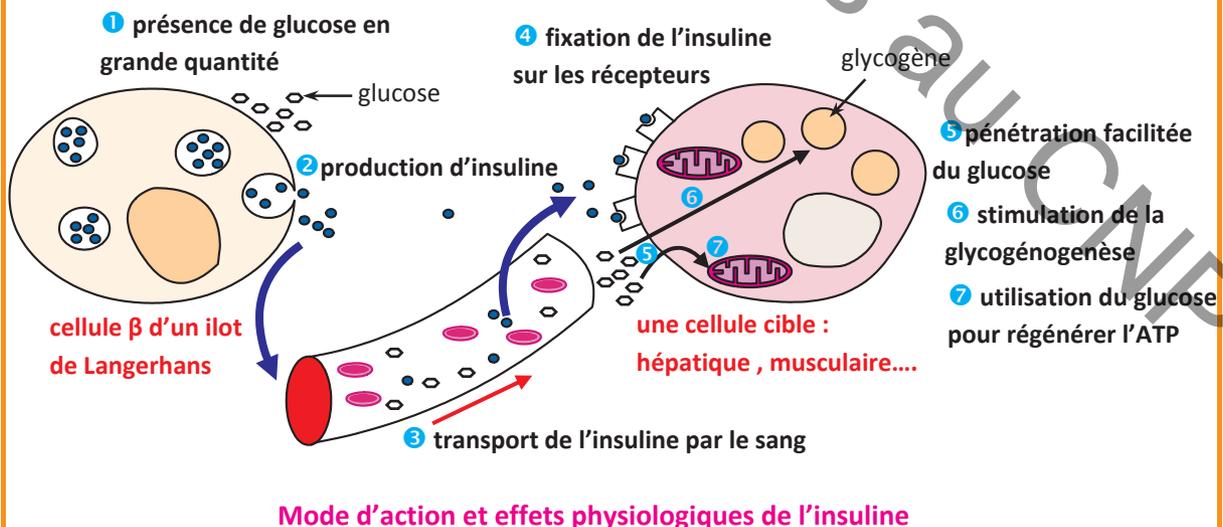
- Les **acini** : structures glandulaires produisant le suc pancréatique contenant des enzymes digestives libérées dans l'intestin grêle intervenant dans la digestion; c'est une fonction exocrine.
- Les **îlots de Langerhans** : amas cellulaires richement vascularisés formés de cellules sécrétrices d'hormones intervenant dans la régulation de la glycémie; c'est une fonction endocrine.

On distingue les **cellules β** centrales sécrétrices d'insuline et les **cellules α** périphériques sécrétrices de glucagon.

L'**insuline** est une **hormone hypoglycémisante**. Elle agit sur les cellules cibles c'est-à-dire les cellules qui possèdent des récepteurs spécifiques à l'insuline. La plupart des cellules de l'organisme expriment ces récepteurs à la surface de leur membrane cytoplasmique. La fixation de l'insuline sur ces récepteurs modifie l'activité de ces cellules. Les principaux effets sont :

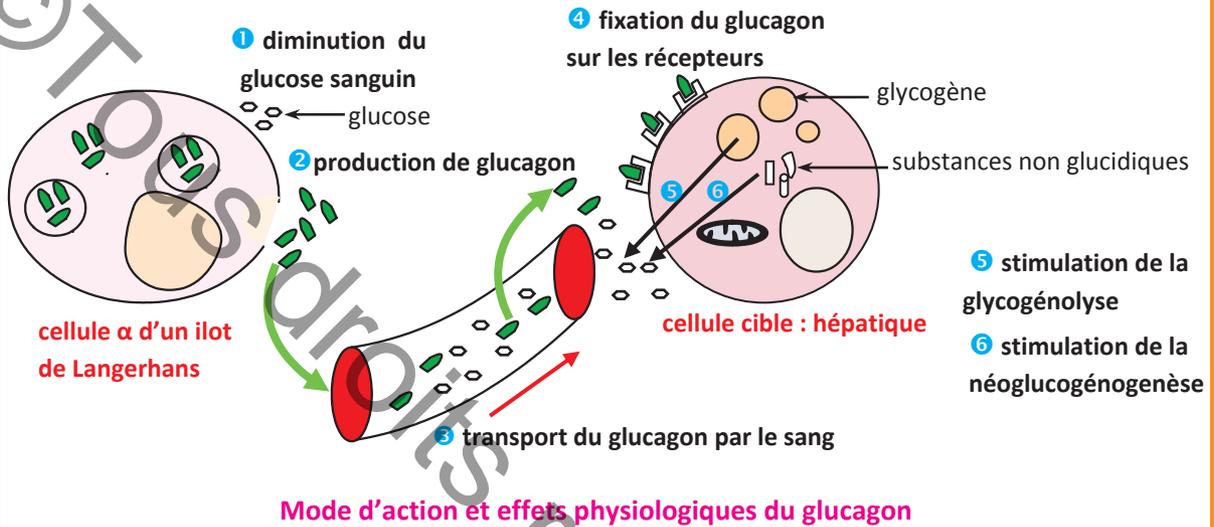
- augmentation de la perméabilité de la membrane cytoplasmique au glucose dans toutes les cellules sauf les cellules nerveuses et rénales
- stimulation de la lipogenèse dans les adipocytes
- stimulation de la glycogénogenèse et inhibition de la glycogénolyse dans les cellules hépatiques
- stimulation de la glycogénogenèse dans les cellules musculaires.

Ces actions ont pour conséquence une diminution du taux de glucose circulant.



Le glucagon est une hormone hyperglycémisante. Il agit sur les cellules hépatiques en stimulant la glycogénolyse donc il favorise la libération du glucose dans le sang. Il inhibe la glycogénogenèse.

En cas d'hypoglycémie sévère, le glucagon agit sur les cellules hépatiques en stimulant la néoglucogenèse.



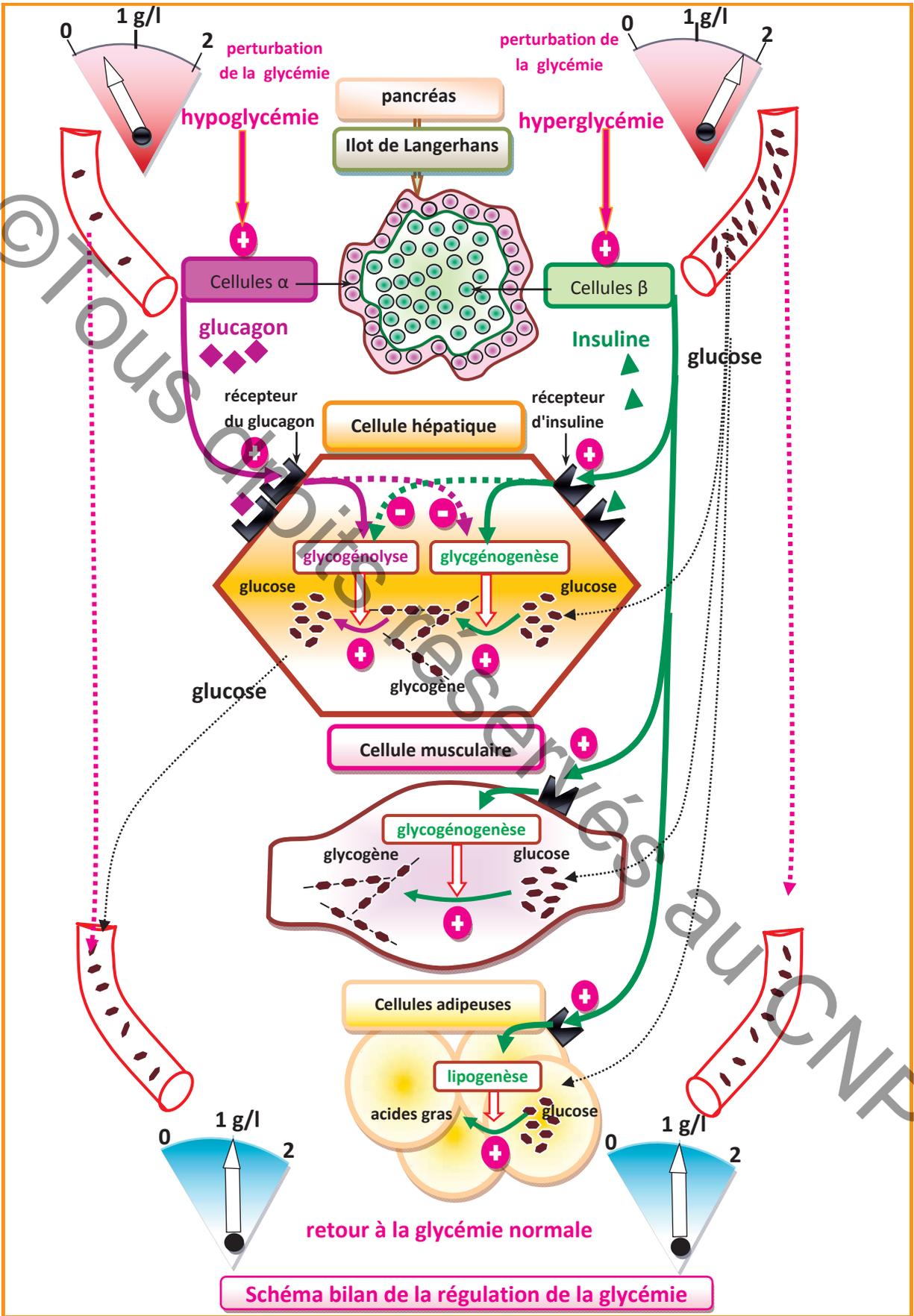
IV-LA GLYCÉMIE EST UN SYSTÈME AUTORÉGULÉ :

- une **augmentation de la glycémie** est détectée par des cellules β des îlots de Langerhans du pancréas et entraîne la sécrétion de l'insuline par ces cellules. L'insuline est transportée dans le sang et agit sur les organes effecteurs (foie, muscles, tissus adipeux) pour augmenter l'absorption et le stockage du glucose. Il en résulte une **diminution de la glycémie**.

- une **diminution de la glycémie** est détectée par des cellules α des îlots de Langerhans du pancréas et entraîne la sécrétion du glucagon par ces cellules. Le glucagon est transporté dans le sang et agit sur les hépatocytes pour augmenter la libération du glucose. Il en résulte une **augmentation de la glycémie**.

Ces mécanismes permettent de maintenir en permanence et en toutes circonstances la glycémie à une valeur comprise entre 0.8 et 1.2 g.L⁻¹.

LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE



I- RESTITUTION DES CONNAISSANCES

Exercice 1 : questions aux choix multiples (QCM)

Pour chacun des items suivants, il peut y avoir une ou deux réponse(s) correcte(s). Repérer pour chaque item la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux deux) réponse(s) correcte(s).

1) La glycogénèse :

- a- favorise l'hypoglycémie.
- b- favorise l'hyperglycémie.
- c- est la mise en réserve du glucose sous forme de glycogène.
- d- est l'hydrolyse du glycogène permettant la libération du glucose.

2) La néoglucogénèse est :

- a- la synthèse de glycogène par le foie.
- b- l'utilisation du glucose par les cellules.
- c- la libération de glucose à partir du glycogène.
- d- la synthèse de glucose à partir de substrats non glucidiques.

3) L'ablation du pancréas entraîne :

- a- une hypoglycémie et une diminution du taux de glycogène hépatique.
- b- une hyperglycémie et une diminution du taux de glycogène hépatique.
- c- une hypoglycémie et une augmentation du taux de glycogène hépatique.
- d- une hyperglycémie et une augmentation du taux de glycogène hépatique.

4) Les îlots de Langerhans :

- a- ont un rôle exocrine.
- b- sont le siège de stockage de glucose.
- c- sont sensibles au taux de glucose sanguin.
- d- sont doués d'une double sécrétion hormonale.

5) L'insuline est une hormone hypoglycémiante :

- a- sécrétée au moment des repas.
- b- sécrétée par les cellules du pancréas endocrine.
- c- favorisant le glycogénolyse dans le foie et dans les muscles.
- d- inhibant le captage des acides aminés par le foie et les muscles.

6) Chez un individu normal, l'insuline est sécrétée :

- a- par les cellules β des îlot de Langerhans.
- b- par les cellules α des îlot de Langerhans.
- c- en cas de tendance à l'hypoglycémie.
- d- en cas de tendance à l'hyperglycémie.

7) les cellules α des îlots de Langerhans sécrètent :

- a- du glucose.
- b- de l'insuline.
- c- du glucagon.
- d- du suc pancréatique

8) En cas d'hypoglycémie, il y a :

- a- stimulation des cellules acineuses du pancréas.
- b- stimulation des cellules β du pancréas.
- c- diminution du taux sanguin d'insuline.
- d- augmentation du taux sanguin de glucagon.

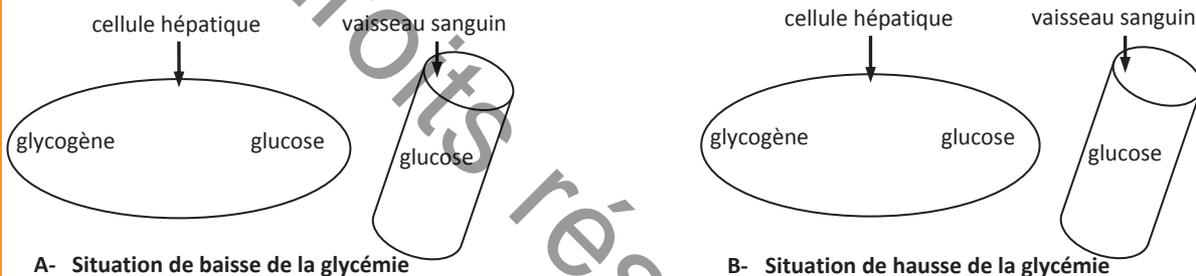
Exercice 2 :

Compléter le tableau suivant concernant des réactions qui interviennent dans la régulation de la glycémie:

Nom de la réaction	Effet de la réaction sur la glycémie	Cellules sièges de la réaction	Effet de l'insuline sur la réaction	Effet du glucagon sur la réaction
Glycogénolyse				
Glycogénogenèse				
néoglucogenèse				
Lipogenèse				
lipolyse				

Exercice 3 :

Les schémas A et B du document suivant représente les échanges réalisés entre une cellule hépatique et un vaisseau sanguin.



Compléter ce document pour indiquer comment les hormones pancréatiques contrôlent ces échanges.

II- MOBILISATION DES CONNAISSANCES

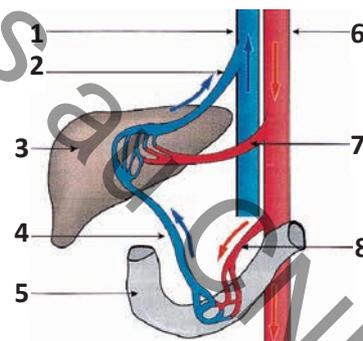
Exercice 4

On étudie le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

1) Le schéma ci-contre représente une portion de l'appareil digestif et met en évidence la vascularisation du foie.

Annoter ce document.

2) On dose le glucose dans les vaisseaux sanguins « 4 » et « 2 » avant et après un repas. Les résultats sont les suivants :



	Glycémie en g/L	
	Dans le vaisseau « 4 »	Dans le vaisseau « 2 »
Après un jeûne de courte durée	0.8 g/L	1 g/L
Après un repas riche en sucre	3 g/L	1 g/L

Comparer la glycémie dans les 2 vaisseaux dans chacune des situations en vue de faire une déduction.

3) On dose le glycogène hépatique au cours d'un jeûne de 12 h d'une part et d'autre part après des repas riches en glucides; les résultats sont les suivants :

Taux de glycogène au cours d'un jeûne de 12 h (g/Kg de foie)		Taux de glycogène après des repas riches en glucides (g/Kg de foie)
Après 1 h de jeûne	Au bout de 12 h de jeûne	
80	60	84

- a- Analyser ces résultats.
 - b- Quelle précision apportent-ils par rapport à la déduction de la question précédente ?
- 4) En utilisant les informations tirées et vos connaissances, faire un schéma bilan qui résume la fonction glycogénique du foie.

Exercice 5

L'insuline sécrétée par les cellules β du pancréas est une hormone hypoglycémiante. On veut préciser le mode d'action et les effets de cette hormone sur les cellules-cibles par la réalisation d'expériences :

1) **Expérience 1** : On cultive in vitro (au laboratoire) diverses cellules de l'organisme dans des milieux convenables dans lesquels on ajoute de l'insuline radioactive ; on détecte ensuite la présence éventuelle de radioactivité sur la membrane cytoplasmique de ces cellules. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Cellules musculaires	Cellules nerveuses	Cellules hépatiques	Cellules adipeuses
Présence de radioactivité sur la membrane	oui	non	oui	oui

Analyser ces résultats en vue d'en tirer une conclusion.

2) **Expérience 2** : On cultive du tissu musculaire dans des milieux avec ou sans insuline et on réalise des mesures pour connaître son comportement vis-à-vis du glucose et du glycogène. Les résultats sont représentés par le tableau suivant :

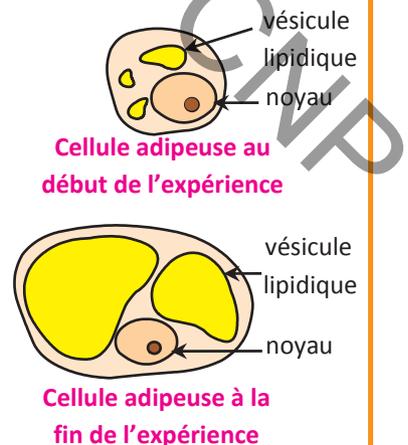
	Glucose prélevé mg/g de tissu musculaire/min	Teneur en glycogène mg/g de tissu musculaire/min
Milieu sans insuline	0,143	2,450
Milieu avec insuline	0,188	2,850

Analyser ces résultats pour déduire l'effet de l'insuline sur les cellules musculaires.

3) **Expérience 3** : on répète l'expérience précédente avec des cellules hépatiques et des cellules adipeuses.

- On obtient des résultats similaires pour les cellules hépatiques concernant l'évolution de la quantité de glucose prélevé et celle de la teneur du glycogène dans les cellules.

- Pour les cellules adipeuses, on observe la même évolution pour la quantité de glucose prélevé mais il ya augmentation de la teneur en triglycérides (lipides) à l'intérieur des cellules ; le document ci-contre représente l'état de ces cellules au début et à la fin de l'expérience:



1) Dégager des conclusions à partir de l'exploitation des résultats de l'expérience 3.

2) Faire un schéma bilan qui représente le mécanisme permettant la correction de l'hyperglycémie par l'insuline.

SYMPTÔMES DE L'HYPOGLYCÉMIE ET DE L'HYPERGLYCÉMIE

Les symptômes de l'hypoglycémie



transpiration



tremblement



maux de tête



étourdissement



faim



fatigue extrême
et pâleur



vision trouble



sauts d'humeur

Les symptômes de l'hyperglycémie



bouche sèche



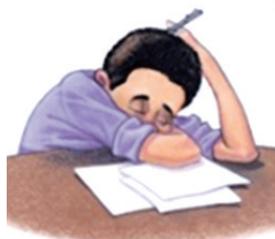
soif extrême



vision trouble



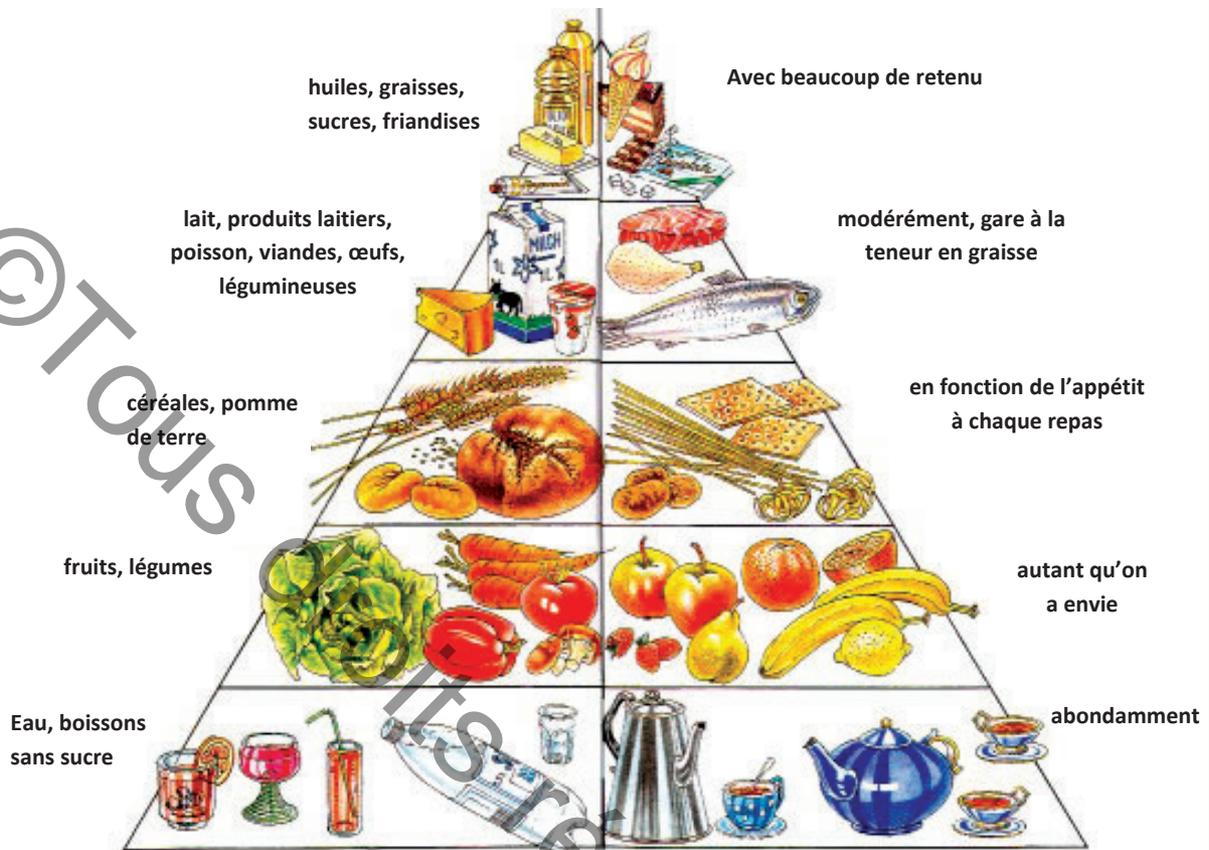
besoin d'uriner



somnolence



fatigue extrême
et pâleur



1. Consommer une alimentation équilibrée en quantité et en qualité assure une bonne santé



2. Pratiquer régulièrement du sport



4. Contrôler régulièrement sa glycémie



3. Contrôler régulièrement sa masse corporelle

OBJECTIF : Expliquer les moyens de prévention du diabète.

CONSTANCE DE LA GLYCÉMIE

Chez un sujet normal existent des mécanismes de régulation hormonale qui permettent de maintenir, en permanence et en toutes circonstances, la glycémie à une valeur comprise entre 0.8 et 1.1 g.L⁻¹.

MÉCANISME DE LA RÉGULATION DE L'HYPERGLYCÉMIE

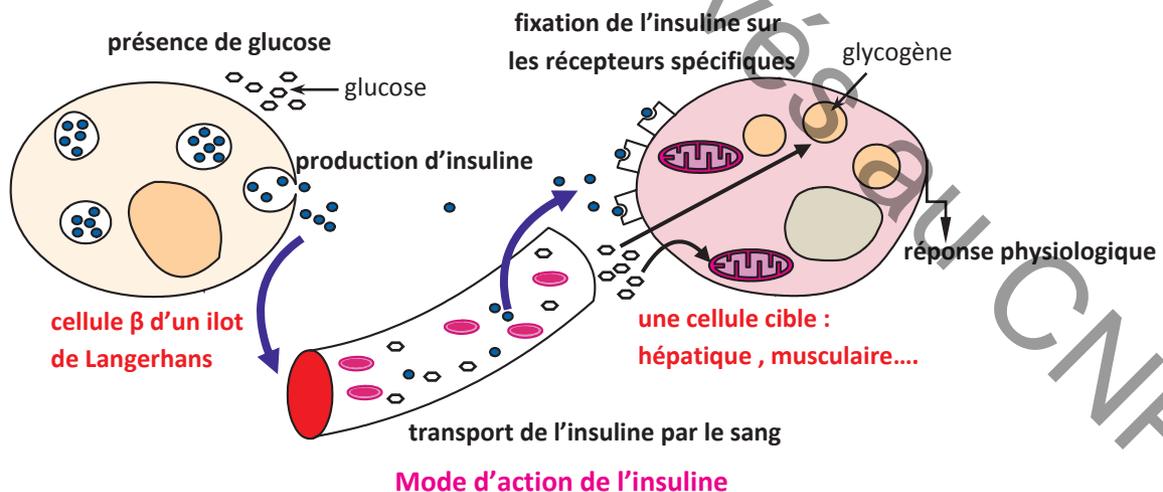
Une augmentation de la glycémie est détectée par les cellules des îlots de Langerhans du pancréas et entraîne la sécrétion de l'insuline par ces cellules β. L'insuline est transportée dans le sang et agit sur les organes effecteurs (foie, muscles, tissus adipeux) pour augmenter l'absorption et le stockage du glucose et inhiber sa libération. Il en résulte une diminution de la glycémie.

MODE D'ACTION DE L'INSULINE

L'insuline est une hormone hypoglycémisante. Elle agit sur les cellules cibles c'est-à-dire les cellules qui possèdent des récepteurs spécifiques à l'insuline. La plupart des cellules de l'organisme expriment ces récepteurs à la surface de leur membrane cytoplasmique. La fixation de l'insuline sur ces récepteurs modifie l'activité d'enzymes et les principaux effets sont :

- augmentation de la perméabilité de la membrane cytoplasmique au glucose dans toutes les cellules sauf les cellules nerveuses et rénales
- stimulation de la lipogenèse dans les adipocytes
- stimulation de la glycogénogenèse et inhibition de la glycogénolyse dans les cellules hépatiques
- stimulation de la glycogénogenèse dans les cellules musculaires.

Ces actions ont pour conséquence une diminution du taux de glucose circulant.



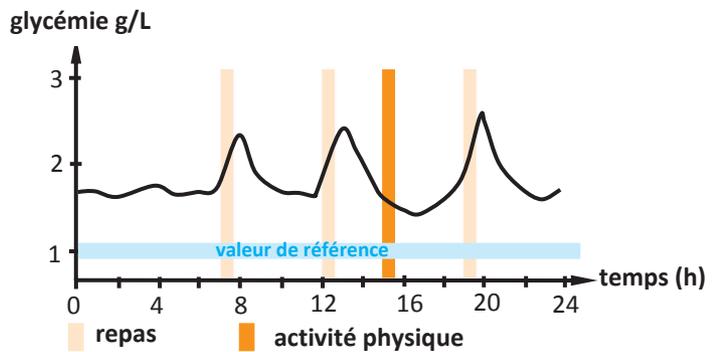
L'OBÉSITÉ

L'obésité est l'excès de poids dû à une surcharge en tissu adipeux dans l'ensemble de l'organisme, essentiellement dans les espaces sous-cutanés.

Le diabète



Une jeune diabétique s'injectant de l'insuline



Mesure de la glycémie en continu chez la jeune diabétique

Chez un diabétique, la glycémie est supérieure à la valeur de référence à jeun et au cours de la journée même après une activité physique.

Les facteurs déclenchant le diabète



À partir de 40 ans l'obésité conduit souvent au diabète



Le stress conduit souvent au diabète

Des complications du diabète



La gangrène liée à une altération des vaisseaux sanguins associée à une infection ; la gangrène nécessite une amputation de la jambe



La rétinopathie (rupture et éclatement des capillaires de la rétine) est une cause de cécité (perte de la vue)

Le diabète est une maladie qui se caractérise par une hyperglycémie chronique et qui peut survenir chez les jeunes comme chez les personnes âgées. L'obésité et le stress sont deux facteurs qui favorisent l'apparition de cette maladie. Le diabète est à l'origine de diverses complications de l'état de santé d'où la nécessité de règles d'hygiène permettant de le prévenir.

Comment diagnostiquer un diabète ?

Quels sont les types de diabète ?

Comment l'obésité et le stress favorisent-ils l'apparition du diabète ?

Comment prévenir le diabète ?

I- LES TYPES DE DIABÈTE

Activité 1

Document 1 : Le diagnostic du diabète

Actuellement, les médecins diagnostiquent un diabète en prenant en compte les valeurs de la glycémie à jeun mesurées pendant quatre jours consécutifs. Voici les résultats pour trois sujets :
 Pour un diabétologue : « Un sujet est dit diabétique si la glycémie à jeun est supérieure à 1,26 g/L (7 mmol/L) à deux reprises ou si la glycémie est supérieure à 2 g/L (11,1 mmol/L) à n'importe quel moment de la journée. »

	Glycémie (g/L)		
	Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3
Jour 1	0,87	4,55	1,45
Jour 2	0,79	4,89	1,15
Jour 3	0,89	4,33	1,32
Jour 4	0,90	4,45	1,42

Tâche 1:

D'après les données du document 1, justifier que les sujets 2 et 3 sont diabétiques.

Document 2 : Les deux types de diabète

2a. Informations concernant les patients diabétiques 2 et 3 du document 1

Sujet 2

- **âge** : 12 ans
- **masse corporelle** : 35 Kg
- **taille** : 1,40 m
- **évolution de la masse** : perte de 7 Kg le mois précédent le diagnostic.
- **«profession»** : collégien
- **activité physique** : 6 heures/semaine (basquet). Se rend à pied à son collègue.
- **alimentation** : normale.
- **antécédents** : 4 cas de diabète dans la famille



Symptômes

- hyperglycémie à jeun
- amaigrissement, appétit (polyphagie)
- soif intense (polydipsie)
- émission importante d'urine (polyurie)
- présence de glucose dans les urines

Sujet 3

- **âge** : 52 ans
- **masse corporelle** : 120 Kg
- **taille** : 1,70 m
- **évolution de la masse** : augmentation régulière depuis l'âge de 15 ans
- **profession** : employée de bureau
- **activité physique** : vie sédentaire, se déplace de préférences en voiture
- **alimentation** : riche en graisse.
- **antécédents** : 2 cas de diabète dans la famille



Symptômes

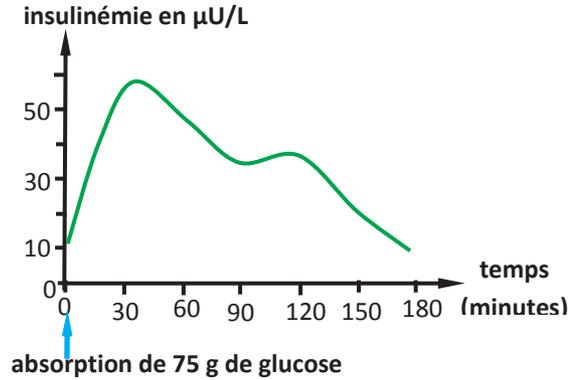
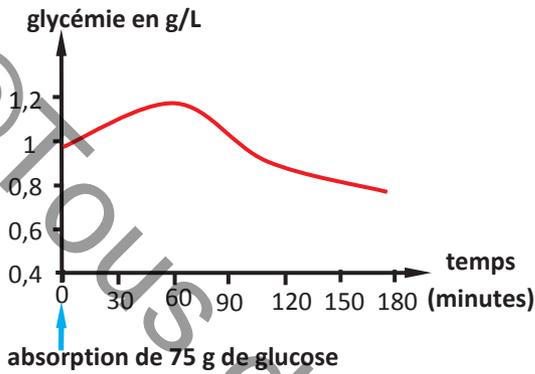
- hyperglycémie à jeun
- hypertension
- présence de glucose dans les urines
- excès de triglycérides dans le sang

Le diabète de **type I** apparaît le plus souvent chez l'enfant, l'adolescent et le jeune adulte il est aussi appelé diabète juvénile ou diabète maigre. Le diabète de **type II** apparaît généralement chez l'adulte au delà de l'âge de 40 ans et il est souvent associé à une obésité il est aussi appelé diabète de l'âge mûre ou diabète gras.

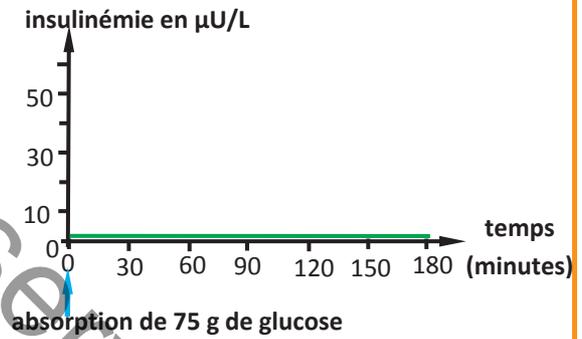
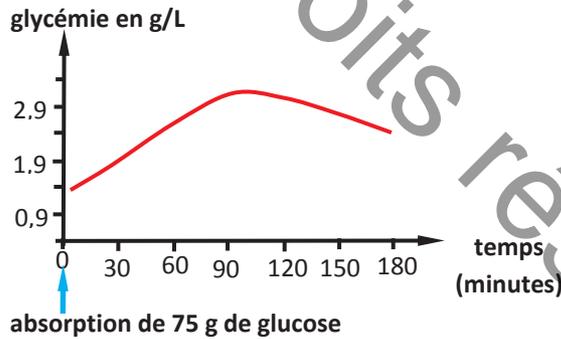
2b. Le test d'hyperglycémie provoquée

Chez les sujets 1, 2 et 3 on suit l'évolution de la glycémie et de l'insulinémie après absorption de 75 g de glucose. Les résultats sont représentés par les courbes suivantes.

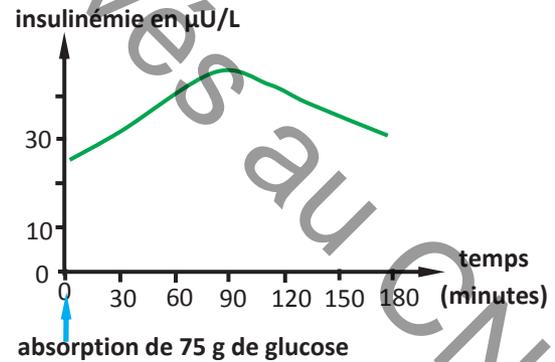
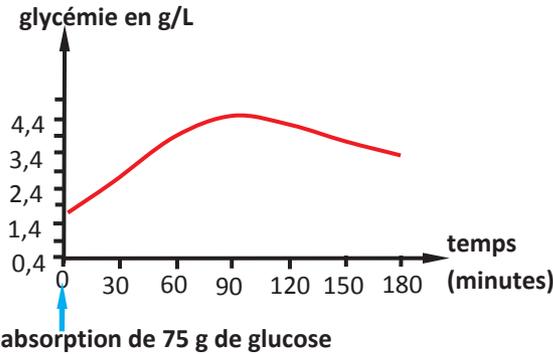
Résultats obtenus pour le sujet 1 normal



Résultats obtenus pour le sujet 2 diabétique



Résultats obtenus pour le sujet 3 diabétique

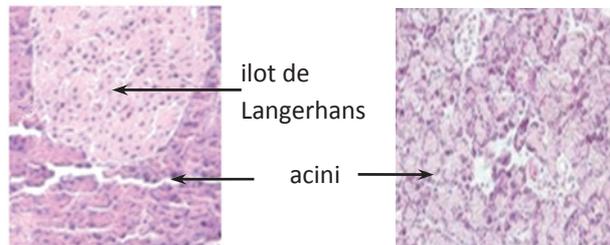


Tâche 2 :

- 1) À partir des données du document 2a, déduire le type de diabète de chacun des patients 2 et 3.
- 2) Exploiter les données du document 2b pour montrer que les diabètes de type 1 et de type 2 n'ont pas la même origine.
- 3) Exploiter les connaissances concernant le mode d'action de l'insuline sur les cellules cibles pour proposer une (ou des) hypothèse(s) qui permettrait(ent) d'expliquer l'hyperglycémie observée chez les diabétiques de type 1 et de type 2.

Document 3 : Origine du diabète de type 1

Pour rechercher l'origine du diabète de type 1, on réalise des coupes de pancréas d'un individu non diabétique sain et d'un individu atteint d'un diabète juvénile. Les résultats obtenus sont illustrés par les photographies 1 et 2.



1. Coupe de pancréas d'un individu normal

2. Coupe de pancréas d'un individu diabétique

Information supplémentaire :

Chez un diabétique de type 1, le système immunitaire reconnaît les cellules bêta des îlots de Langerhans comme étrangères et les détruit par des anticorps et des lymphocytes dirigés contre ces cellules ; on dit que le diabète de type 1 est une maladie auto-immune. Le glucose ne pouvant plus entrer dans les cellules et il reste dans le sang. Le taux de glucose dans le sang s'élève alors.

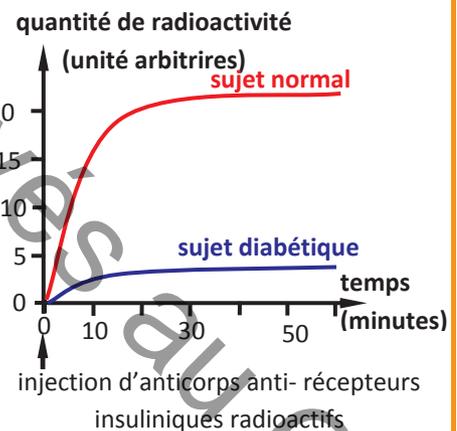
Tâche 3 :

- 1) Relever la différence essentielle entre les deux coupes de pancréas.
- 2) Mettre en relation les données de l'information supplémentaire et les observations microscopiques pour expliquer l'aspect du pancréas d'un individu diabétique.
- 3) En tenant compte des informations tirées des documents 2b et 3, déduire l'origine du diabète de type 1.

Document 4 : Origine du diabète de type 2

Le diabète de type 2 touche des sujets âgés souvent en surpoids.

Pour rechercher l'origine du diabète de type 2, on pratique une technique radioimmunologique qui utilise des anticorps antirécepteurs insuliques. Injectés à un sujet, ces anticorps ont la propriété de se lier d'une manière spécifique aux récepteurs de l'insuline se trouvant sur la membrane des cellules cibles. On injecte à un sujet sain et à un sujet diabétique une solution d'anticorps radioactifs. La mesure de la quantité de radioactivité au niveau de la membrane en fonction du temps permet d'obtenir les courbes ci-contre.



Tâche 4 :

- 1) Préciser la signification de la quantité de radioactivité mesurée d'après les données.
- 2) Faire une analyse comparée des résultats obtenus chez les deux sujets. Que peut-on en déduire ?
- 3) En tenant compte des informations tirées des documents 2b et 4, expliquer l'origine du diabète de type 2.
- 4) a- Prévoir l'effet de l'injection d'insuline chez le diabétique de type 1 et chez le diabétique de type 2.
b- Justifier l'expression diabète insulino-dépendant ou DID attribuée au diabète de type 1 et l'expression diabète non insulino-dépendant ou DNID attribuée au diabétique de type 2.

II- L'OBÉSITÉ ET LE STRESS, DEUX FACTEURS FAVORABLES A L'APPARITION DU DIABÈTE DE TYPE 2.

Activité 2

Document 5 : L'obésité et le stress, deux facteurs de risque d'apparition du diabète

5a. Obésité, sédentarité et diabète

Le tableau suivant représente le risque d'apparition de diabète de type 2 en fonction de l'indice de masse corporelle (IMC) et de l'activité physique.

Risque	Poids normal 18 ≤ IMC ≤ 25		Surpoids 25 ≤ IMC ≤ 30		Obésité IMC ≥ 30	
	individus		individus		individus	
	actifs	sédentaires	actifs	sédentaires	actifs	sédentaires
	0,8	1	3,2	3,8	11	11,9

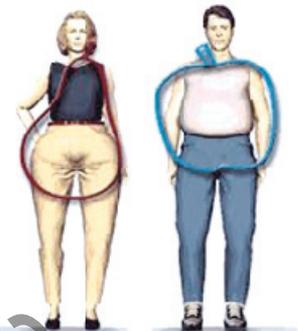
D'après l'organisation mondiale de santé (OMS), l'obésité est définie comme une accumulation anormale ou excessive de graisse dans le corps qui représente un risque pour la santé.

L'indice de masse corporelle ou IMC est un moyen d'estimer la corpulence (grandeur et grosseur) d'une personne. Il est égal à la masse corporelle (Kg) divisée par le carré de la taille (m²).

La sédentarité est un mode de vie caractérisé par une fréquence faible voire nulle d'activités physiques

Il a été montré que l'obésité abdominale : tour de taille supérieur ou égal à 90 cm chez la femme et supérieur à 100 cm chez l'homme favorise l'apparition du diabète de type 2.

Selon une étude sanitaire, les hommes qui regardent la télévision plus de 40 heures par semaine sont presque trois fois plus à risque de souffrir du diabète de type 2 que ceux qui la regardent moins d'une heure par semaine.



5b. Le stress et le diabète

Le stress est un ensemble de réactions permettant à l'organisme de s'adapter à une situation de changement appelée situation stressante (maladie, accident, choc, examen, échec, peur, trac, drames de la vie, ...).

Le stress provoque la sécrétion d'adrénaline par la médullosurrénale et de cortisol par la corticosurrénale. Ces hormones stimulent la libération du glucose à partir des cellules hépatiques pour que l'organisme puisse avoir plus d'énergie à sa disposition. Il s'en suit une tendance à l'hyperglycémie. Si le stress se prolonge, la sécrétion de ces hormones hyperglycémiantes est quasi continue ; l'hyperglycémie permanente conduit à l'installation du diabète de type 2.

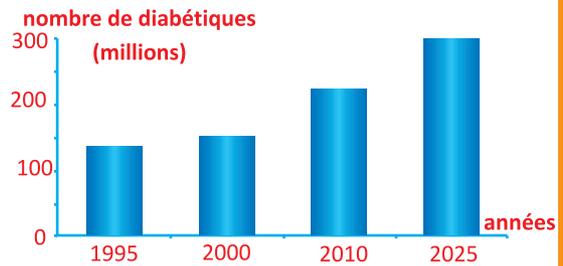
Tâche 5 :

Exploiter les données du document 5 pour relever les facteurs qui conditionnent l'apparition du diabète de type 2.

Document 6 : Le diabète, une épidémie grave

6a. Evolution du diabète dans le monde

Dans le monde, le diabète atteint les proportions de ce que l'on qualifie d'épidémie (propagation rapide d'une maladie). L'OMS évalue à 366 millions le nombre de diabétiques dans le monde en 2030.



6b. Evolution de la maladie

Le diabète engendre, à long terme, des complications qui représentent une cause majeure d'invalidité et de mortalité. C'est la première cause de la cécité (perte de la vue), d'insuffisance rénale et d'amputation des membres. Il augmente le risque de maladies cardiovasculaires et cérébrales de 2 à 7 fois. Il est très fréquent dans la population tunisienne : 10% environ de la population est atteinte de diabète.

Selon la fédération internationale du diabète une personne meurt de diabète dans le monde toutes les 7 secondes.

Tâche 6 :

- 1) Justifier que le diabète est une épidémie grave.
- 2) Prévoir les mesures de prévention du diabète.

III- PRÉVENTION DU DIABÈTE

Activité 3

Document 7 : Prévention du diabète de type 2

Pour prévenir l'apparition du diabète de type 2 on doit lutter contre les facteurs de risque : l'obésité la sédentarité et le stress.

- ❖ Adopter une alimentation variée, équilibrée et adaptée aux besoins : maintenir de bonnes habitudes alimentaires : éviter le gras, le sucre et les repas-minute. Une bonne alimentation aidera à stabiliser le taux de sucre dans le sang et à maintenir un poids santé.
- ❖ maîtriser et contrôler la masse corporelle
- ❖ se peser régulièrement et vérifier que l'IMC est compris entre 18 et 25 Kg/m²
- ❖ mesurer le tour de taille et vérifier qu'il est inférieur à 90 cm chez la femme et inférieur à 100 cm chez l'homme.
- ❖ Pratiquer régulièrement une activité physique : des études récentes montrent qu'une augmentation même légère de la fréquence et de l'intensité de l'activité physique a des effets bénéfiques sur la santé. 30 minutes d'activité physique quotidienne suffisent. Cela permet d'améliorer les performances de l'insuline, de faire travailler l'appareil cardiovasculaire, de diminuer la tension artérielle et le taux de lipides, etc. La pratique régulière d'une activité physique a également des effets psychologiques : diminution de l'anxiété, du stress, amélioration de la confiance en soi et de la joie de vivre.
- ❖ Lutter contre le stress et relaxer : s'informer sur les différentes techniques de relaxation ou suivre un cours de yoga. Ces activités peuvent aider à se détendre et à réduire le niveau du stress.

Tâche 7 :

Énumérer les principales mesures de prévention du diabète de type 2 d'après les données du document 7.

Le diabète est une maladie qui se caractérise par une hyperglycémie chronique. On considère aujourd'hui qu'un sujet est atteint de diabète si sa glycémie à jeun est supérieure à $1,26 \text{ g.l}^{-1}$ ou si elle excède 2 g.l^{-1} quel que soit le moment de la journée.

I- Les deux types de diabète :

On distingue deux types de diabète qui n'ont ni les mêmes causes, ni les mêmes effets :

- le diabète de type 1 ou diabète juvénile qui représente environ 20 % des cas.
- le diabète de type 2 ou diabète gras qui représente environ 80 % des cas.

Le diabète de type 1 se manifeste généralement avant l'âge de vingt ans (d'où son nom de juvénile) et affecte des sujets minces. L'hyperglycémie est permanente et entraîne une glycosurie (présence de glucose dans les urines), une sensation intense de soif liée à des mictions excessives. Le sujet s'amaigrit et éprouve une sensation de faim qui s'accompagne d'une grande fatigue.

Le diabète de type 1, dû à un mauvais fonctionnement du pancréas, se caractérise par une hyperglycémie associée à une très faible sécrétion d'insuline. En effet, il s'agit d'une maladie auto-immune dans laquelle certains lymphocytes qualifiés de « tueurs » s'attaquent par erreur aux cellules β des îlots de Langerhans qui peuvent finir par disparaître, ce qui explique le déficit en insuline. La maladie se traite par injection d'insuline d'où l'appellation de diabète insulino-dépendant.

Le diabète de type 2 survient, par contre, chez des sujets ayant généralement dépassé la quarantaine et présentant une vie sédentaire et un surpoids dû à une alimentation trop riche en sucres et en graisses (d'où son nom de diabète gras).

Le diabète type 2 n'est pas lié à un déficit d'insuline mais à une perte de sensibilité des cellules cibles à cette hormone qui peut s'expliquer par une diminution du nombre des récepteurs membranaires. L'insuline perd son efficacité sur les cellules cibles, d'où l'impossibilité d'augmenter la pénétration du glucose dans les cellules. Ce type de diabète ne se traite pas par injection d'insuline d'où son appellation diabète non insulino-dépendant.

Le diabète de type 1 (10 % des cas) et le diabète de type 2 se caractérisent tous les deux par une prédisposition génétique. En plus de cette composante héréditaire, les facteurs de l'environnement alimentation, activité physique constituent un paramètre majeur de l'apparition de la maladie.

II- L'OBÉSITÉ ET LE STRESS

Certains facteurs liés à l'environnement comme l'obésité et le stress favorisent le risque de diabète.

L'obésité est un des principaux facteurs de risque du diabète de type 2 (80 % des diabétiques de type 2 sont obèses). Une absence d'activité physique et une alimentation déséquilibrée augmentent le risque d'obésité, et donc le risque de survenue du diabète de type 2.

Le stress provoque la sécrétion d'adrénaline par la médullosurrénale et le cortisol par la corticosurrénale. Ces hormones stimulent la libération du glucose à partir des cellules hépatiques pour que l'organisme puisse avoir plus d'énergie à sa disposition. Il s'en suit une tendance à l'hyperglycémie. Si le stress se prolonge, la sécrétion de ces hormones hyperglycémiantes est quasi continue ; l'hyperglycémie permanente conduit à l'installation du diabète de type 2.

III- PRÉVENTION DU DIABÈTE DE TYPE 2

Non traité, le diabète est à l'origine de complications plus ou moins graves : altération de vaisseaux sanguins, maladies cardiovasculaires, atteintes des yeux et des nerfs et sensibilité importantes aux infections d'où une espérance de vie réduite.

Pour prévenir le diabète de type 2, on doit :

❖ **adopter une alimentation variée et équilibrée qualitativement et quantitativement :**

- maintenir de bonnes habitudes alimentaires : éviter le gras, le sucre et les repas-minute riches en fritures. Une bonne alimentation aidera à stabiliser le taux de sucre dans le sang et à maintenir un poids santé.
- maîtriser et contrôler la masse corporelle.
- se peser régulièrement et vérifier que l'IMC est compris entre 18 et 25 Kg/m².
- mesurer le tour de taille et vérifier qu'il est inférieur à 90 cm chez la femme et inférieur à 100 cm chez l'homme.

❖ **pratiquer régulièrement une activité physique.**

❖ **lutter contre le stress et relaxer.**

❖ **contrôler la glycémie de façon permanente.**

I- RESTITUTION DES CONNAISSANCES

Exercice 1 : questions aux choix multiples (QCM)

Pour chacun des items suivants, il peut y avoir une ou deux réponse(s) correcte(s). Repérer pour chaque item la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux deux) réponse(s) exacte(s).

1) Parmi les caractéristiques relatives au diabète de type 1, on peut citer :

- a- l'obésité.
- b- la glycosurie.
- c- l'hyperglycémie chronique.
- d- l'absence de production d'insuline.

2) La cause du diabète insulino-dépendant (DID) est :

- a- la destruction des cellules α des îlots de Langerhans.
- b- la destruction des cellules β des îlots de Langerhans.
- c- la destruction des récepteurs spécifiques des cellules cibles de l'insuline.
- d- l'insuffisance du nombre des récepteurs spécifiques des cellules cibles de l'insuline.

3) Le diabète gras est appelé diabète non insulino-dépendant (DNID) car :

- a- il est dû à une sécrétion d'insuline anormale.
- b- il est dû à une sécrétion importante d'insuline.
- c- il est corrigé par des injections quotidiennes d'insuline.
- d- il est corrigé par des injections quotidiennes de glucagon.

4) Parmi les points communs entre le diabète de type 1 et le diabète de type 2, on peut citer :

- a- une hyperglycémie chronique.
- b- une insulïnémie presque nulle.
- c- un manque de récepteurs à l'insuline sur la membrane des cellules cibles.
- d- une perte importante de masse corporelle au moment du déclenchement de la maladie.

5) Parmi les mesures de prévention du diabète, on peut citer :

- a- le contrôle permanent de la glycémie
- b- l'adoption d'un rythme de vie accéléré.
- c- la consommation d'aliments riches en lipides.
- d- l'adoption d'un régime alimentaire apportant une quantité d'énergie égale à celle dépensée.

II- MOBILISATION DES CONNAISSANCES

Exercice 2 : On cherche à préciser le type de diabète de deux sujets qui présentent les caractéristiques résumées dans le tableau suivant.

	sujet 1	Sujet 2
Âge (années)	60	15
Taille (mètres)	1,75	1,60
Masse corporelle (kg)	100	40
Activité physique	sédentaire	football
Evolution de la masse corporelle	prise de poids	perte de poids
Glycémie à jeun (g/L)	2,35	1,90
Insulïnémie maximale suite à une ingestion de glucose μ U/mL	100	presque nulle

NB. L'insulinémie maximale d'un sujet normal suite à une ingestion de glucose est de 90 $\mu\text{U}/\text{mL}$ en moyenne.

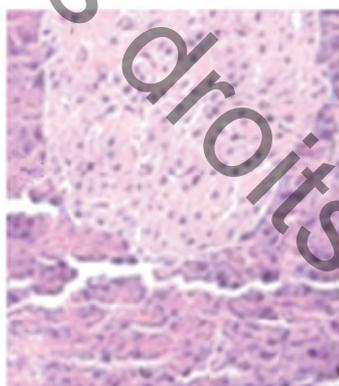
- 1) Justifier que les deux sujets sont diabétiques.
- 2) Exploiter les données du tableau pour préciser le type de diabète dont souffre chaque sujet.
- 3) Préciser l'origine de chaque type de diabète à partir des connaissances requises.

Exercice 3 :

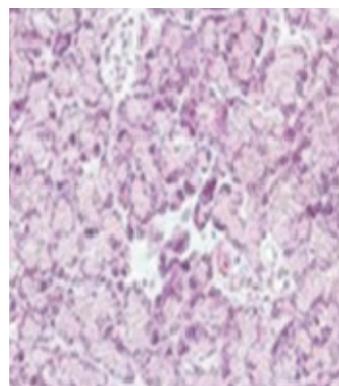
Le diabète de type 1 se caractérise par une glycémie à jeun supérieure à $1,26 \text{ g.L}^{-1}$. Cette hyperglycémie apparaît avant l'âge de vingt ans et de façon brutale.

Dans le but de comprendre l'origine de ce type de diabète, on propose les documents 1, 2 et 3.

Document 1 : Coupes de pancréas observées au microscope optique (x1500)



coupe de pancréas d'un individu sain observée au microscope



coupe de pancréas d'un individu diabétique observée au microscope

Document 2 : Le pancréas des individus atteints de diabète de type 1 est le siège d'une inflammation locale, caractérisée par l'infiltration des îlots de Langerhans par des cellules immunitaires, surtout des lymphocytes. Des anticorps anti-îlots, spécifiques aux protéines propres aux cellules β , ont également été décelés.

Document 3 : En 2004, l'équipe de recherche dirigée par François Pattou (Unité Inserm 859 "Biothérapies du diabète", Université Lille 2 / CHRU de Lille) annonçait la réussite d'une greffe de cellules pancréatiques chez un patient atteint de diabète de type 1. Cinq ans après, 14 patients atteints de diabète sévère ont bénéficié de cette nouvelle thérapie cellulaire. La majorité d'entre eux garde un équilibre glycémique satisfaisant et ce en l'absence d'injection d'insuline.

- 1) Expliquer l'origine de l'hyperglycémie à jeun chez le patient diabétique de type 1 en vous aidant du document 1 et des connaissances requises.
- 2) Mettre en relation les documents 1 et 2 pour expliquer l'aspect du pancréas d'un individu diabétique.
- 3) Justifier l'intérêt de la greffe de pancréas.

ÉVOLUTION DU DIABÈTE TYPE 2 :

Le document ci contre représente l'évolution de l'insulinémie au cours de l'évolution du diabète de type 2.

Ce document montre que chez un individu non diabétique, suite à une absorption de glucose, l'insulinémie augmente pour atteindre une valeur maximale de l'ordre de 90 $\mu\text{U}/\text{mL}$ au bout de 30 minutes. Elle reste élevée environ 30 minutes avant de diminuer rapidement, et retrouve sa valeur initiale moins de 3 heures.

Chez un individu prédiabétique, l'insulinémie évolue normalement pendant la première demi heure après la prise de glucose, elle poursuit son augmentation jusqu'à une heure après l'ingestion. Elle atteint 150 $\mu\text{U}/\text{mL}$, et reste élevée pendant une heure avant d'amorcer une rapide diminution. Autrement dit, la sécrétion d'insuline est beaucoup plus importante que chez un individu non diabétique.

Un individu atteint de diabète type 2 modéré retrouve une sécrétion d'insuline semblable en intensité à celle de l'individu non diabétique, mais le pic d'insulinémie est retardé de près d'une heure : la sécrétion d'insuline est donc moins rapide que chez un individu sain. Chez un individu atteint de diabète de type 2 sévère, on n'observe pas de pic d'insulinémie.

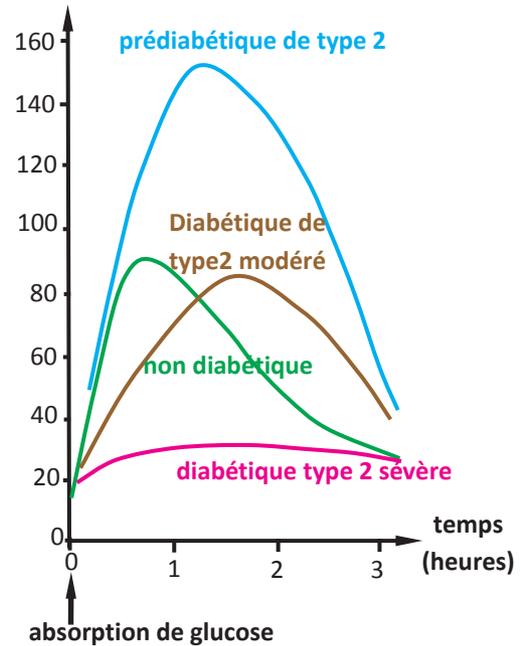
En conclusion, après une période d'hypersécrétion chez le prédiabétique, la sécrétion d'insuline ne fait que diminuer au cours de l'évolution de la maladie.

Explication de l'évolution de l'insulinémie au cours de l'évolution du diabète de type 2 :

Des apports alimentaires importants et une faible activité physique, à l'origine d'une insulino-résistance des cellules cibles de l'insuline, induisent une sollicitation anormale des cellules endocrines β des îlots de Langerhans. Dans un premier temps, la masse fonctionnelle des cellules β augmente : ces cellules sont plus nombreuses et volumineuses et produisent plus d'insuline, comme en témoigne l'évolution de l'insulinémie lors d'un test d'hyperglycémie provoqué, chez un individu prédiabétique.

Chez un individu diabétique de type 2 les cellules β s'affaiblissent et au cours de l'évolution de la maladie, les cellules β s'effondrent et la quantité d'insuline produite pour une même glycémie diminue peu à peu jusqu'à engendrer chez le diabétique de type 2 aggravé le besoin d'un apport exogène d'insuline, par injection par exemple.

insulinémie en $\mu\text{U}/\text{L}$



SPORT ET DIABÈTE

Certains diabétiques sont devenus des sportifs de haut niveau même si on ne les croyait pas capables de réaliser certains défis. D'après un célèbre diabétologue : "On s'aperçoit qu'il n'y a plus de limites et que l'on peut faire de nombreuses choses qu'on croyait inaccessible". Certains malades ont déjà effectué quelques belles épreuves sportives comme le tour de France, le marathon de New-York ainsi qu'une ascension du Kilimandjar.



1. Un sportif affecté d'une crampe

Une crampe est une contraction douloureuse et temporaire d'un muscle.

La crampe d'effort (crampes pendant le sport) est la conséquence d'une surcharge en calcium dans le muscle, engendrée par un manque de sodium circulant dans l'organisme.



Un sportif affecté d'une tendinite

La tendinite est une inflammation douloureuse du tendon. Chez le sportif elle est due fréquemment à une augmentation de la concentration sanguine en acide urique

Chez le sportif, les crampes et les tendinites sont des affections dues à des perturbations de certains paramètres du milieu intérieur. Ces affections peuvent être évitées en adoptant une bonne hygiène du milieu intérieur.

OBJECTIF : Expliquer les moyens préventifs permettant la constance du milieu intérieur.

LA CONSTANCE DU MILIEU INTÉRIEUR

Le milieu intérieur est le milieu liquide dans lequel baignent les cellules du corps : il est formé par le plasma sanguin et la lymphe (lymphe interstitielle et lymphe canalisée).

Le milieu intérieur sert d'intermédiaire entre les cellules et le milieu extérieur et constitue le milieu de vie des cellules de l'organisme. La composition du milieu intérieur est relativement constante chez un individu normal.

La constance du milieu intérieur est une condition fondamentale au fonctionnement normal des cellules et au maintien de la bonne santé.

L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

L'équilibre hydrominéral consiste en une égalité entre les entrées et les sorties d'eau et d'ions minéraux. Le maintien de la volémie et de la pression osmotique à une valeur constante est indispensable au bon fonctionnement des cellules de l'organisme.

Étant donné que la pression osmotique du milieu intérieur (plasma et liquide interstitiel) est essentiellement due au chlorure de sodium (NaCl), maintenir stable la pression osmotique du milieu intérieur revient à maintenir stable sa teneur en eau et en ions Na^+ ; ceci exige que les pertes d'eau et des ions Na^+ soient adaptées aux entrées de ces substances ; on parle d'équilibre hydrominéral.

LA SUEUR

La sueur est composée d'eau et de divers minéraux essentiellement d'ions sodium et d'ions chlorure et de très peu d'urée.

MÉTHODOLOGIE DE LA RÉALISATION D'UNE ENQUÊTE

Pour réaliser une enquête, on peut suivre les consignes suivantes :

1) Rechercher les informations et les documents concernant le sujet :

Les informations et les renseignements se trouvent dans les encyclopédies, les ouvrages spécialisés, les dictionnaires, les journaux, sur Internet...

Dans les ouvrages et les encyclopédies :

Il est utile de consulter les tables de matière ou le sommaire. Cette pratique renvoie le lecteur vers les pages qui peuvent lui fournir les informations recherchées. Dans les bibliothèques, il existe un fichier. Celui-ci est organisé soit par auteur, soit par sujet, soit par thème, soit par ordre alphabétique.

Sur Internet :

Il existe une banque de données. Pour y accéder, il faut se connecter au réseau internet.

Choisir un moteur de recherche (Edunet, Google, Yahoo, Ariane 6, Lycos, Voila...).

La page d'accueil qui s'affiche montre quelque part l'expression « chercher » ou « search » à côté de laquelle existe une petite fenêtre dans laquelle on peut écrire un ou plusieurs mots en relation avec le sujet. **Cliquer ensuite sur OK.** Une liste de fichiers s'affiche sur l'écran. Chaque fichier est accompagné d'une description sommaire.

Cliquer sur le fichier qui correspond le plus à ce qu'on cherche.

2) Sélectionner l'information

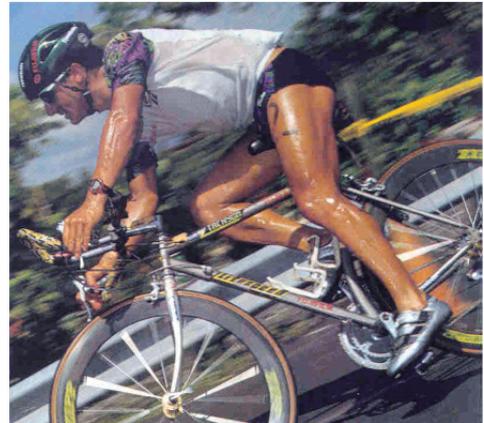
- Lire les textes et relever les informations les plus importantes, les reformuler.
- Choisir les illustrations qui éclairent le sujet et apportent un complément d'informations.

3) Restituer l'information :

- Organiser les informations trouvées en respectant un plan.
- Mettre en forme les textes et les illustrations.

L'adulte sédentaire perd 2 à 3 litres d'eau par jour. L'élimination se fait par les urines (1 à 1,5 litres), la respiration (300 à 600 ml), la sudation au repos (400 à 1000 ml) et les selles (50 à 200 ml). Ces dépenses sont compensées pour moitié par l'alimentation et pour moitié par l'absorption d'eau.

Chez le sportif la perte hydrique peut atteindre plusieurs litres par heure et elle se fait essentiellement par la sudation qui s'accompagne d'une perte en ions minéraux dont la présence est indispensable à l'équilibre de la pression osmotique du milieu intérieur.



L'effort physique intense s'accompagne d'importantes excrétions de sueur



Un athlète victime d'un coup de chaleur

Si les pertes hydrominérales ne sont pas compensées, les performances du sportif diminuent et il peut même être victime d'un coup de chaleur.

Un coup de chaleur a lieu lorsque la température corporelle dépasse 41°C, soit seulement 4°C au dessus de la normale. Il s'accompagne de vertige, de nausées, de confusions mentales et de la perte du contrôle musculaire.

La déshydratation est une complication immédiate d'une brûlure étendue, Cette déshydratation survient d'autant plus que la surface brûlée est importante.



Une large bulle (cavité cutanée) contenant du liquide clair d'origine plasmatique) causée par une brûlure

Les brûlures et les efforts physiques intenses s'accompagnent d'une forte perte en eau et en sels minéraux. Ces pertes engendrent, le plus souvent, des modifications de certains paramètres du milieu intérieur dont la conséquence serait une perturbation du fonctionnement des cellules de l'organisme.

Quels sont les dangers de la déshydratation ?

Comment peut-on assurer l'hygiène du milieu intérieur ?

II- LA DÉSHYDRATATION

Activité 1

Document 1 : Les brûlures et les exercices musculaires intenses sont deux facteurs à l'origine de la déshydratation

1a. La déshydratation

La déshydratation est une perte de liquide corporel. Elle survient lorsque le bilan hydrique devient négatif c'est-à-dire lorsque les sorties liquidiennes dépassent les entrées.

Au cours de la déshydratation, la perte en eau s'accompagne de perturbations de l'équilibre en ions minéraux du corps, particulièrement en ce qui concerne la concentration plasmatique en ions sodium. Plusieurs facteurs dont les brûlures et les exercices musculaires intenses peuvent être à l'origine de la déshydratation.

1b. La déshydratation en cas de brûlures

Les brûlures engendrent des destructions de la peau, voire des tissus sous-jacents, consécutives à l'action d'agents thermiques, électriques, chimiques ou radiologiques.

Ces troubles, y compris les coups de soleil, s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité des capillaires conduisant à une exsudation. Il en résulte une forte perte liquidiennne pouvant conduire à une déshydratation.



1. Coup de soleil à l'étape de cloque d'eau (suintement)

Un coup de soleil est une brûlure causée par une exposition de la peau aux rayonnements du soleil. Tous les sportifs ne sont pas égaux contre les coups de soleil. Les peaux blondes et très claires ou rousses sont moins protégées.

L'exsudation est la libération, par passage à travers la paroi des vaisseaux sanguins, d'une partie du plasma vers la surface de la peau (suintement) ou dans les tissus (œdème).

1c. La déshydratation en cas d'exercice musculaire intense

La pratique d'une activité physique intense entraîne une importante sudation conduisant à une forte perte d'eau et de sels minéraux qui, en l'absence de compensation, conduit à un état de déshydratation.

La sudation est la production et l'évacuation de sueur par les glandes sudoripares. Les glandes sudoripares sont des organes spécialisés. Ce sont des glandes exocrines qui sécrètent la sueur et, pour certaines d'entre elles, des hormones ou phéromones. Elles sont situées dans la peau.

III- IMPACTS DE LA DÉSHYDRATATION SUR L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

Activité 2

Document 2 : Impacts de la déshydratation sur l'équilibre hydrique

La contraction musculaire permet de produire de l'énergie mécanique, mais elle s'accompagne aussi d'une forte production de chaleur provoquant l'augmentation de la température corporelle de 2 ou 3°C au-delà de 37°C ; notre corps doit alors évacuer de la chaleur afin de maintenir une température constante au niveau des organes. L'élimination de la chaleur se fait essentiellement par la sudation.

Le débit sudoral (quantité de sueur excrétée par le corps par unité de temps) est commandé par la température centrale.

La déshydratation peut s'apprécier :

- par la mesure du débit sudoral.
- par la pesée de la masse corporelle avant et après l'effort ; La perte de 1% d'eau correspond à la perte de 1Kg de la masse corporelle.

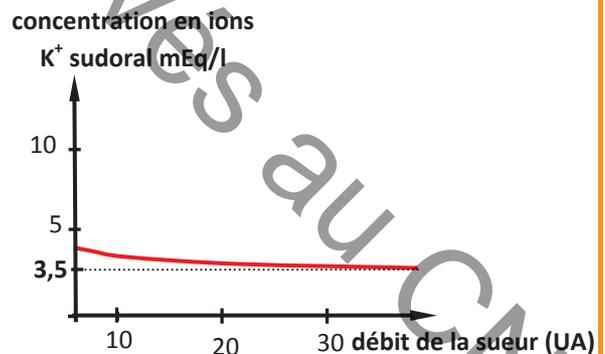
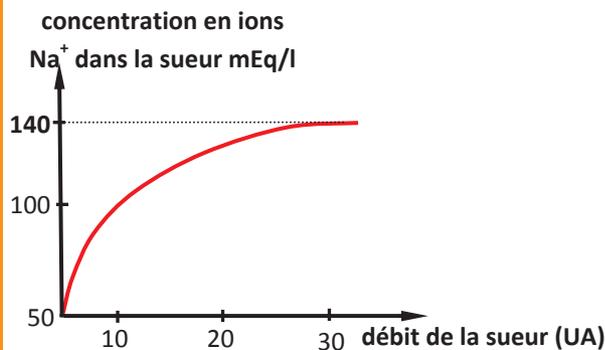
On mesure le débit sudoral d'un sportif en fonction de l'intensité de l'exercice.

Les résultats sont représentés par le tableau suivant :

Intensité de l'exercice (kpm/min)	Repos	450	600	750	900
Débit de sueur en nano litre/glande sudoripare/min	0,5	1,2	3	4,8	8,2

Document 3 : Impacts de la déshydratation sur l'équilibre minéral

On mesure la concentration de la sueur en ions sodium et potassium en fonction du débit sudoral. Les résultats sont représentés par les graphes suivants :



Le sodium est le principal ion extracellulaire ; sa concentration plasmatique est comprise entre 135 et 145 mmole/L alors que sa concentration intracellulaire est comprise entre 7 et 12 mmole/L

Le potassium est le principal ion intracellulaire ; sa concentration intracellulaire est de 160 mmole/L alors que sa concentration plasmatique est comprise entre 3,5 et 4 mmole/L

IV- CONSÉQUENCES DE LA DÉSHYDRATATION SUR LA SANTÉ ET LES CAPACITÉS PHYSIQUES

Activité 3

Activités

Document 4 : Les symptômes de la déshydratation

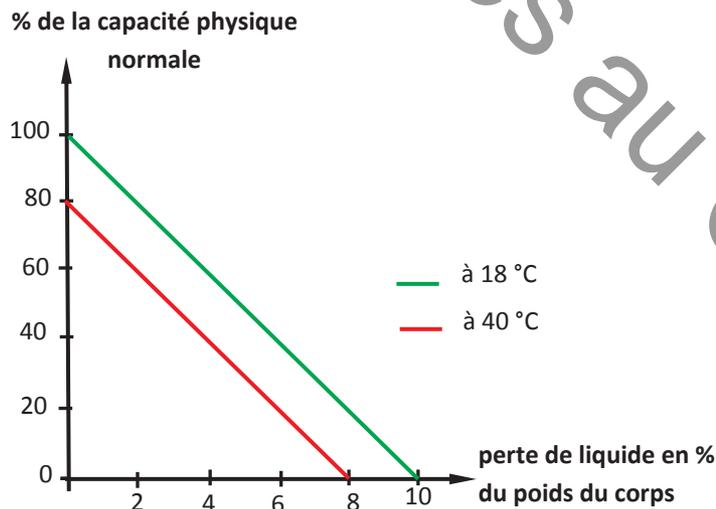
L'altération de l'équilibre hydrominéral conduit à des conséquences néfastes sur la santé. La perte de 1% d'eau correspond à la perte de 1Kg de la masse corporelle

Perte hydriques en % de masse corporelle	Symptômes
1%	soif, augmentation de la température du corps
2%	soif intense , capacités physiques altérées
3%	sang plus concentré, débit urinaire diminué
4%	jambes lourdes, mauvaise concentration
5%	maux de tête, énervement, augmentation anormale de la température corporelle
6%	problème de vision et d'équilibre, épuisement coup de chaleur : hyperthermie > 40°C, peau chaude mais sèche insuffisance hépatique et rénale
7%	perte de connaissance, coma
15%	mort

Document 5 : Conséquences de la déshydratation sur la capacité physique

On mesure la capacité physique d'un sportif en fonction de la perte de liquide à deux températures différentes 18° et 40°C.

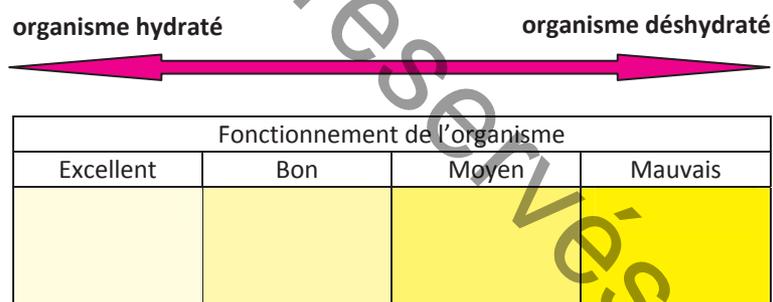
Les résultats sont représentés par les graphes suivants :



Document 6 : Risques liés à l'hypovolémie

En cas de déshydratation, l'hypovolémie provoque :

- ❖ une augmentation progressive de la fréquence cardiaque ayant pour but de maintenir un débit cardiaque constant en dépit d'une réduction des volumes circulants. Ce phénomène va être responsable d'une apparition plus précoce de la fatigue.
- ❖ la réduction du débit sudoral et du débit sanguin cutané. Ceci a pour conséquence de limiter considérablement l'efficacité des processus de la thermorégulation ce qui favorise l'augmentation de la température centrale. Lorsque l'hyperthermie dépassant 40°C, on parle de coup de chaleur qui s'accompagne de vertiges, de nausées, de confusion mentale et de la perte du contrôle musculaire.
- ❖ l'augmentation de la viscosité sanguine freine la pénétration des hématies dans les capillaires se trouvant entre les cellules musculaires. Cette difficulté diminue les capacités oxydatives du muscle.
- ❖ la diminution du débit urinaire : l'hypovolémie stimule fortement la sécrétion de l'hormone antidiurétique par la post hypophyse ; il en résulte une réabsorption massive de l'eau au niveau du tube rénal. Dans ces conditions :
 - le rein se trouve incapable d'éliminer convenablement les déchets toxiques comme l'acide urique dont la concentration dans le milieu intérieur s'élève favorisant ainsi l'apparition de tendinites.
 - l'urine rejetée est très concentrée et elle présente une couleur foncée (figure 2)



2. Couleur des urines en fonction de l'état d'hydratation de l'organisme

Document 7 : Risques liés à la perte d'ions sodium et d'ions potassium

Une hyponatrémie (chute du taux sanguin en ions sodium) génère une chute de la tension artérielle, une désorientation, une accélération du rythme respiratoire et des crampes. Chronologiquement ces crampes se situent en fin de compétition, lors de la douche ou la nuit suivant la compétition ou l'exercice physique intense.

Une hypokaliémie (chute du taux sanguin en ions potassium) engendre une douleur musculaire et une perte partielle des capacités motrices.

V- HYGIÈNE DU MILIEU INTÉRIEUR

Activité 4

Document 8 : Lutter contre la déshydratation

7a. Type de boisson à consommer

Il ne suffit pas de boire, il faut que la boisson agisse vite. Cela nécessite un passage rapide du liquide ingéré dans le secteur vasculaire qui dépend de la vitesse de la vidange gastrique (durée que met le liquide pour passer de l'estomac à l'intestin) et de l'absorption intestinale. Cette vitesse est influencée par l'osmolarité. En effet, des liquides hypertoniques très sucrés, comme les jus de fruits ou les boissons énergisantes ralentissent la vidange gastrique et l'absorption intestinales et accroissent la déshydratation en provoquant un transfert d'eau des cellules vers le tube digestif.

Pour une boisson isotonique, présentant la même pression osmotique que le sang, la vitesse de la vidange gastrique et celle de l'absorption intestinale sont élevées.

La température idéale de la boisson est entre 10 et 15°C. en entrant en contact avec la boisson à cette température, l'organisme cède des calories pour la réchauffer. Cela permettrait l'élimination d'une partie de la chaleur au niveau du tube digestif.

Une boisson énergisante, à ne pas confondre avec une boisson énergétique, est une boisson destinée à donner un regain d'énergie à son consommateur, en utilisant un mélange de différents ingrédients stimulants.

Les boissons énergisantes comportent le plus souvent une grande variété de composés organiques excitants comme la caféine, les vitamines de la série B, la maltodextrine, la créatine...

7b. Recommandations en matière d'apports hydrominéraux

Quand on a soif, on est déjà déshydraté de 1 à 2 % ; il est peut être trop tard pour restaurer les pertes; il faut boire avant la sensation de soif.

La composition et la quantité à ingérer d'une boisson «idéale» à la pratique sportive sont complexes à établir car elles dépendent de plusieurs facteurs :

- ❖ **la variabilité entre les individus qui réalisent la même activité**
- ❖ **le type et le mode d'exercice**
- ❖ **les conditions climatiques ambiantes**
- ❖ **le moment par rapport à la pratique sportive (avant, pendant, après) :**

➤ **Avant la pratique sportive** : maintenir un état corporel hydraté normal :

- ingérer de façon fractionnée une boisson appropriée
- ingérer 500 ml dans les 2 heures précédant l'activité
- privilégier l'apport en eau par temps chaud

➤ **Pendant la pratique sportive**

- Pour des durées inférieures à 1 heure :

Boire de l'eau seule est suffisant avec une quantité égale au moins à la moitié de la perte de poids prévisible.

- Pour des durées dépassant 1 heure :

Les apports d'eau peuvent aller jusqu'à 1,5L/h selon l'intensité de l'exercice et les conditions climatiques ; un complément en Na⁺ sous forme de NaCl (1,2 g/L) est conseillé.

➤ après la pratique sportive

- restaurer le plus rapidement possible l'équilibre hydrominéral surtout si une nouvelle activité sportive est prévue à court terme.
- la quantité de boisson ingérée doit compenser 150% de la perte pondérale obtenue lors de l'activité.
- apporter du sel (NaCl) dans la boisson de récupération : cet apport salin (jusqu'à 3 g/l) permet une récupération plus rapide de l'équilibre hydrominéral.



Tâche :

En respectant les consignes de réalisation d'une recherche, exploiter les documents (de 1 à 8) pour réaliser un dossier ou un diaporama concernant l'hygiène du milieu intérieur.

Le produit comportera les réponses aux tâches suivantes :

- 1) Définir la déshydratation
- 2) Expliquer comment les brûlures et les efforts physiques intenses (marathon, course de fond...) sont des facteurs de déshydratation.
- 3) Dégager les risques de la déshydratation sur l'équilibre hydrominéral.
- 4) Expliquer comment la déshydratation menace l'homéostasie et par conséquent la santé.
- 5) Dégager les moyens d'hygiène permettant le maintien de l'équilibre du milieu intérieur.

I- LA DÉSHYDRATATION

La **déshydratation** est une perte de liquide corporel. Elle survient lorsque le bilan hydrique devient négatif c'est-à-dire lorsque les sorties liquidiennes dépassent les entrées. Elle peut être occasionnée par :

- **des brûlures** dues à un coup de soleil ou à des agents thermiques, électriques, chimiques ou radiologiques. Ces incidents provoquent une perte liquidienne par exsudation.
- **des exercices musculaires intenses** qui produisent une importante perte liquidienne par sudation.

II- IMPACTS DE LA DÉSHYDRATATION SUR L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

La déshydratation réduit le volume extracellulaire (il y a une hypovolémie), elle s'accompagne de perturbations de l'équilibre en ions minéraux du corps, particulièrement en ce qui concerne les concentrations en sodium et potassium.

III- CONSÉQUENCES DE LA DÉSHYDRATATION SUR LA SANTÉ ET LES CAPACITÉS PHYSIQUES

La déshydratation conduit à un déséquilibre hydrominéral donc à des perturbations des capacités physiques et de la santé. Il y a :

- ❖ **une hypovolémie** liée à la perte d'eau.

Plus la perte d'eau est importante plus la masse corporelle diminue et plus les perturbations qui apparaissent sont graves. Les risques encourus sont :

- diminution de la capacité physique
- apparition précoce de la fatigue
- apparition de tendinites dues à l'accumulation d'acide urique dans le sang.
- réduction de la thermorégulation
- apparition d'un coup de chaleur s'accompagnant de vertiges, de nausées, de

confusion mentale et de perte du contrôle musculaire lorsque la température corporelle dépasse 40 °C.

- ❖ **une hyponatrémie**, liée à la perte d'ions sodium, provoquant une chute de la tension artérielle, une désorientation, une accélération du rythme respiratoire et des crampes.

- ❖ **une hypokaliémie**, liée à la perte d'ions potassium, provoquent une douleur musculaire et une perte partielle des capacités.

IV- HYGIÈNE DU MILIEU INTÉRIEUR

Pour lutter contre la déshydratation il faut :

- boire de l'eau avant la sensation de soif.
- éviter les boissons hypertoniques trop sucrées comme les jus de fruit et les boissons énergisantes.
- consommer des boissons isotoniques présentant la même pression osmotique que le sang à température comprise entre 10 et 15°C.
- ingérer une boisson idéale à la pratique sportive dont la composition et la quantité dépendent de la variabilité interindividuelle, du type et du mode d'exercice, des conditions climatiques ambiantes et du moment par rapport à la pratique sportive (avant, pendant ou après l'activité).

I- RESTITUTION DES CONNAISSANCES

Exercice 1 : questions aux choix multiples (QCM)

Pour chacun des items suivants, il peut y avoir une ou deux réponse(s) correcte(s). Repérer pour chaque item la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux deux) réponse(s) correcte(s).

- 1) L'évacuation de la sueur par les glandes sudoripares :**
 - a- provoque la perte d'eau seulement.
 - b- provoque la perte d'eau et d'ions minéraux.
 - c- diminue lorsque l'activité musculaire augmente.
 - d- diminue lorsque la température ambiante diminue.
- 2) Pour prévenir la déshydratation, un sportif doit boire :**
 - a- avant l'activité sportive seulement.
 - b- avant et après l'activité sportive seulement.
 - c- pendant et après l'activité sportive seulement.
 - d- avant, pendant et après l'activité sportive.
- 3) Pour lutter contre la déshydratation, un sportif doit consommer :**
 - a- de l'eau pure.
 - b- un jus de fruit trop sucré.
 - c- une boisson isotonique.
 - d- une boisson énergisante.

II- MOBILISATION DES CONNAISSANCES

Exercice 2 :

Dans le but de déterminer l'effet de l'exercice physique sur l'équilibre hydrominéral on réalise :

- des mesures du débit sudoral en fonction de la nature de l'exercice physique.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Exercice physique	Débit sudoral
Course à pied à vitesse modérée	0,5 à 1 L / heure
Course à vitesse plus élevée (marathon de haut niveau)	1,5 à 2,5 L / heure
Sport collectif (football)	2 à 3 L / match

- des mesures des pertes sudorales en Na^+ et K^+ en fonction de la durée de l'activité physique.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Pertes sudorales	Pertes en Na^+	Pertes en K^+
Activité régulière (2 à 3 heures/jour)	2L	6 à 7 g	pertes modérées
Activité très prolongée	10L	20 g	

- 1)** À partir de l'analyse des résultats figurant dans les 2 tableaux, déduire l'effet de l'exercice physique sur l'équilibre hydrominéral.
- 2)** Énumérer, d'après les connaissances requises, l'effet de l'hypovolémie sur la performance du sportif.
- 3)** Proposer des moyens pour prévenir les pertes d'eau.

D'AUTRES CAUSES DE LA DÉSHYDRATATION**La diarrhée**

La diarrhée est l'évacuation fréquente de selles (matières fécales) liquides.

La diarrhée peut être provoquée par une infection par des bactéries, des virus ou des parasites. Chaque défécation entraîne une perte d'eau significative, pouvant aller jusqu'à 1 litre par heure dans les cas les plus extrêmes. Plus de quatre millions d'enfants meurent chaque année dans le monde de déshydratation due à la diarrhée.

Le vomissement

Le vomissement est le rejet, par la bouche, d'une partie du contenu de l'estomac.

La perte rapide d'eau survenant en cas de vomissements violents et prolongés augmente les probabilités de déshydratation, dans la mesure où il est alors difficile de rééquilibrer rapidement le niveau d'hydratation en buvant. Le risque de déshydratation due aux vomissements est plus élevé chez les nouveau-nés et les jeunes enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant de troubles alimentaires (boulimie, par exemple) et chez toute personne prenant des médicaments causant des vomissements.

L'urination excessive

❖ Certains médicaments augmentent l'urination au delà des niveaux normaux (par exemple les diurétiques) et certaines maladies touchent les fonctions rénales, générant également une perte d'eau corporelle par l'urine. Parmi les maladies pouvant affecter la production d'urine figurent le diabète et le cancer du rein.

❖ L'urination excessive chez les nageurs :

L'immersion, en raison de l'effet de la pression hydrostatique sur le système vasculaire, s'accompagne d'une importante augmentation de la diurèse qui est encore accentuée par le froid.

Chez des plongeurs en immersion pendant 6 heures en eau froide (10° à 18°C), les pertes en eau peuvent atteindre 2 litres et celles de NaCl peuvent atteindre 6 à 8 g.



IMPACT D'UNE BOISSON ISOTONIQUE ET CELUI D'UNE BOISSON ÉNERGISANTE

Sachant qu'une perte de 1% de la masse corporelle en eau réduit d'environ 10 % les capacités physiques, on comprend l'importance qu'il y a pour un sportif de reconstituer correctement et régulièrement ses réserves en eau.

Cependant pour que son hydratation soit efficace, il ne doit pas boire uniquement de l'eau pure, mais une boisson dite *isotonique ou boisson énergétique de l'effort*.

Les boissons isotoniques ont une osmolarité proche de celle du sang : elles apportent eau, sodium et glucides dans une concentration proche de celle du sang (de l'ordre de 5 % de glucides et 0.05 % de chlorure de sodium), pour permettre une absorption efficace et rapide de ces nutriments par l'organisme.

Une osmolarité élevée signifie que la boisson contient beaucoup de particules (sodium et glucides) et elle est plus concentrée que le sang ; les colas, les limonades, les jus de fruits et les boissons énergisantes sont des boissons hypertoniques. L'absorption de ce type de boissons par l'organisme est plus lente. Les **boissons énergisantes** ne sont pas des **boissons énergétiques** de l'effort.

Les boissons énergisantes contiennent une **très forte concentration en glucides** dépassant 30 à 50 g/litre. Cette forte teneur en sucre n'implique pas un meilleur apport énergétique puisqu'à de telles concentrations, **l'assimilation digestive est fortement perturbée**, donc inefficace.

La **caféine** contenue dans ces boissons **augmente l'élimination urinaire** de calcium, de magnésium, de chlore et de sodium de façon d'autant plus importante que la caféine est présente à un taux élevé. Cette fuite minérale peut aggraver les **désordres électrolytiques** pendant l'effort, favoriser les blessures et nuire aux capacités de récupération. Par ailleurs, la caféine est un puissant diurétique. Une boisson énergisante ne peut en aucun cas réhydrater le sportif, bien au contraire, elle **aggrave la déshydratation**. La présence d'excitants induit sur l'organisme des effets secondaires cardiovasculaires tels qu'une tachycardie, une vasoconstriction périphérique et un effet hypertenseur qui **s'opposent à l'adaptation à l'effort** et qui pourraient ainsi favoriser l'apparition de **troubles du rythme cardiaque**, voire de mort subite.

Dépourvues de sodium, les boissons énergisantes peuvent induire une **hyponatrémie** lors des efforts prolongés en ambiance climatique chaude. Cette hyponatrémie se manifeste par des **troubles cardiovasculaires**, des **troubles neurologiques** allant jusqu'au coma.