Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac ST2S, veuillez visiter :
bacst2s.fr/annales-sujets-et-corriges

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LA SANTÉ ET DU SOCIAL**

**CHIMIE - BIOLOGIE ET PHYSIOPATHOLOGIE HUMAINES**

Durée : 4 heures Coefficient : 16

**Avant de composer, le candidat s'assure que le sujet comporte bien 15 pages numérotées de 1 sur 15 à 15 sur 15.**

**Le candidat compose sur deux copies séparées :**

- La partie Chimie, notée sur 20, d'une durée indicative de **1 heure**, coefficient 3
- La partie Biologie et physiopathologie humaines, notée sur 20, d'une durée indicative de **3 heures**, coefficient 13

**Aucune annexe** n'est à rendre avec la copie de Chimie.

La **page 15 sur 15** est à rendre avec la copie de Biologie et physiopathologie humaines.

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

# L’ENFER DU FER

Chaque jour, nous ingurgitons environ 20 mg de fer. Mais seuls 1 à 2 mg sont absorbés au niveau de notre intestin, le reste est directement éliminé dans les selles. Cette absorption intestinale limitée est strictement contrôlée par une protéine synthétisée par le foie, l’hepcidine. Une fois franchie la barrière intestinale, le fer absorbé se retrouve dans le sang.

Le fer est impliqué dans de nombreuses fonctions physiologiques, comme par exemple la respiration cellulaire ou la synthèse protéique. Parfois le contrôle de l’absorption du fer se dérègle. Le fer s’accumule alors progressivement et en silence dans l’organisme jusqu’à constituer une véritable surcharge, néfaste à de nombreux organes.

*Source : Inserm*

Le sujet comporte deux parties indépendantes :

- La partie Chimie : **Absorption du fer : diagnostic médical et régulation par l’hepcidine.**

- La partie BPH : **L’hémochromatose et ses éventuelles complications.**

*Toute réponse, même incomplète, montrant la qualité rédactionnelle et la démarche de recherche du candidat sera prise en compte.*

# Partie Chimie :

# Absorption du fer : diagnostic médical et régulation par l'hepcidine

*Les exercices sont indépendants.*

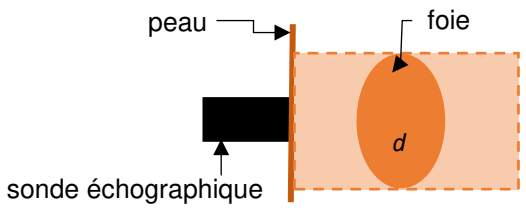
## Exercice 1 : Diagnostic médical (10 points)

L'hémochromatose est une maladie qui perturbe l'absorption du fer et nécessite la surveillance particulière du foie. Une augmentation de sa taille peut en être un symptôme. Une échographie du foie permet de mesurer sa taille.

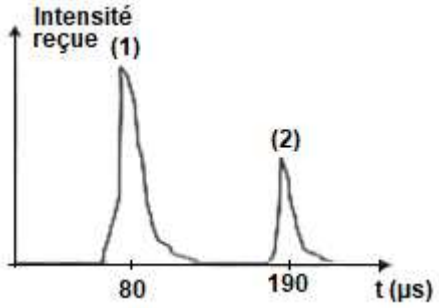
### Suivi échographique

L'épaisseur d'un foie est normalement comprise entre 8 cm et 12 cm. Une sonde échographique, placée sur le ventre d'un patient **(document 1)**, émet des ondes ultrasonores de fréquence $f$ = 6,0 MHz. Les signaux reçus par la sonde sont représentés sur le **document 2**.

**Document 1 : Schéma de principe de l'échographie du foie**




**Document 2 : Signaux reçus par la sonde lors de l'examen d'un patient**




L'instant t = 0 µs correspond à l'émission du signal

**Données :** 1MHz = $10^6$ Hz et 1 µs = $10^{-6}$ s.
Fréquences des ondes sonores audibles : de 20 Hz à 20 000 Hz.
Vitesse des ultrasons dans le corps humain $v$ = 1 540 m·s$^{-1}$.

**1.** Justifier que les ondes utilisées sont des ultrasons.

**2.** Rappeler le principe de l'échographie en précisant les phénomènes physiques mis en jeu.

**3.** Expliquer la présence des deux signaux (1) et (2) reçus par la sonde et représentés sur le **document 2**.

**4.** Montrer, à l'aide du **document 2**, que la durée de propagation des ultrasons pour parcourir l'épaisseur $d$ du foie est $\Delta t$ = 55 µs.

**5.** Déterminer si le foie du patient a une épaisseur normale.

**6.** Déterminer la distance entre la sonde et la paroi du foie la plus proche de la sonde.

**Diagnostic par analyse sanguine**

Pour diagnostiquer l'hémochromatose, une prise de sang permet de mesurer la concentration de ferritine qui est la protéine de stockage du fer dans le foie.

L'hyperferritinémie correspond à une concentration de ferritine dans le sang supérieure à la valeur la plus haute de l'intervalle de référence.

**<u>Document 3</u> : Résultat de l'analyse de sang d'un patient**

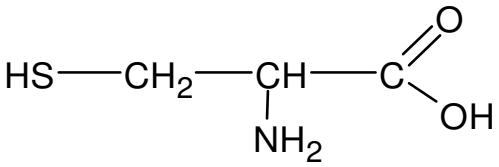
| Espèce analysée | Résultat | Valeurs de référence |
|---|---|---|
| Ferritine | 0,26 $\mu g \cdot mL^{-1}$ | 0,02 - 0,20 $\mu g \cdot mL^{-1}$ |

**7.** Le patient présente une hyperferritinémie, il est traité par une saignée. Il s'agit d'un prélèvement sanguin d'un volume $V = 400$ mL. Calculer la masse de ferritine ainsi prélevée.

**8.** Des mécanismes biologiques permettent de maintenir le volume total du sang du patient constant et égal à $V_{tot} = 5$ L sans générer de ferritine supplémentaire. Déterminer si cette saignée est suffisante pour revenir à un taux de ferritine normal.

## Exercice 2 : L'hepcidine, une protéine régulatrice (10 points)

L'hepcidine est une protéine qui régule l'absorption intestinale du fer. L'hepcidine est un polypeptide de 25 acides aminés dont la séquence montre la présence de cystéine (Cys). La formule semi-développée de la cystéine est donnée ci-contre.




**Étude de la molécule de cystéine**

**1.** Recopier la formule semi-développée de la cystéine. Entourer et nommer deux groupes fonctionnels présents.

**2.** Justifier que la cystéine appartient à la famille des acides α-aminés.

**3.** Justifier que la cystéine est une molécule chirale.

**4.** Donner la représentation de Fischer de l'énantiomère L de la cystéine qui est produit naturellement.

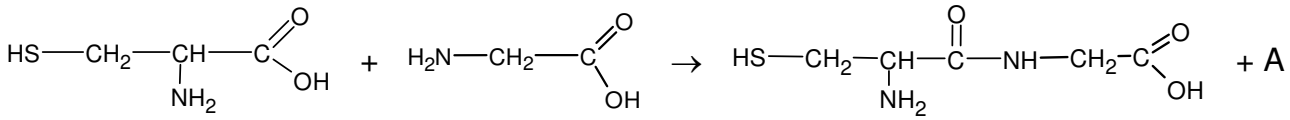
**Étude de la séquence Cys-Gly de l'hepcidine**

La séquence d'acides aminés constituant l'hepcidine est la suivante :
DTHFPICIFCCGCCHRSK**CG**MCCKT

La séquence **CG** (Cys-Gly) de la protéine peut être obtenue par réaction entre la cystéine (Cys) et la glycine (Gly).

**5.** À partir d'un mélange de cystéine (Cys) et de glycine (Gly), déterminer le nombre de dipeptides différents qu'il est possible d'obtenir si aucune précaution particulière n'est appliquée. Nommer les dipeptides obtenus en utilisant les abréviations Gly et Cys.

L'équation de la réaction conduisant à la séquence CG s'écrit :




Cystéine Glycine Cys-Gly

**6.** Donner le nom et la formule brute du composé A.

**7.** Écrire la formule semi-développée des dipeptides GC et CC aussi présents dans la séquence de l'hepcidine.

**8.** Sur les formules des dipeptides représentés à la question précédente, entourer la liaison peptidique.

**9.** Donner le nom du groupe fonctionnel correspondant.

# Partie Biologie et physiopathologie humaines :

# L'hémochromatose et ses éventuelles complications

L'hémochromatose est une maladie héréditaire fréquente caractérisée par une accumulation progressive de fer dans l'organisme notamment dans le foie, le pancréas et le cœur. La maladie repose sur une hyper-absorption intestinale de fer, issu de l'alimentation, entraînant des dépôts de fer dans l'organisme qui détruisent peu à peu les organes.
Cette maladie, longtemps asymptomatique, ne se déclare qu'à partir de 40 ans chez l'homme et 50 ans chez la femme. Dans 85 % des cas le diagnostic est trop tardif, la fonction des organes atteints se détériore et des complications apparaissent.

*Source : Inserm*

## 1. Origine génétique et mode de transmission de l'hémochromatose

### 1.1. Origine génétique de l'hémochromatose

La forme la plus fréquente de l'hémochromatose est due à la mutation C282Y du gène *HFE* identifiée en 1996 sur le chromosome 6. Ce gène code une protéine membranaire impliquée dans le métabolisme du fer et exprimée au niveau des hépatocytes, des entérocytes et des macrophages.

Les séquences ci-dessous correspondent à un fragment des allèles du gène *HFE* (la séquence débute au 829ème nucléotide).

Allèle non muté :

```
                  ⟶ 829
Brin non transcrit d'ADN ...GAGCAGAGATATACGTGCCAGGTG...
Brin transcrit d'ADN     ...CTCGTCTCTATATGCACGGTCCAC...
```

Allèle muté :

```
                  ⟶ 829
Brin non transcrit d'ADN ...GAGCAGAGATATACGTACCAGGTG...
Brin transcrit d'ADN     ...CTCGTCTCTATATGCATGGTCCAC...
```

**1.1.1.** Définir les termes gène et allèle.

**1.1.2.** Repérer la mutation observée dans l'allèle muté.

**1.1.3.** Déterminer, à l'aide du **document 1,** les séquences peptidiques correspondant aux fragments des allèles non muté et muté. Expliquer la démarche.

Le **document 2** représente l'étape d'élongation de la traduction de l'allèle *HFE* sain.

**1.1.4.** Reporter sur la copie les annotations correspondant aux repères 1 à 5 du **document 2**.

**1.1.5.** Expliquer la conséquence de la mutation du gène *HFE* sur la protéine synthétisée.

### 1.2. Transmission héréditaire de l'hémochromatose

Le mode de transmission de l'hémochromatose peut être analysé à partir de l'arbre généalogique d'une famille dont certains individus sont atteints. Cet arbre généalogique est présenté sur le **document 3.**

**1.2.1.** Déterminer, à l'aide du **document 3,** le caractère dominant ou récessif de l'allèle responsable de l'hémochromatose. Argumenter la réponse.

**1.2.2.** Démontrer à l'aide du **document 3** que le gène *HFE* responsable de l'hémochromatose se trouve sur un autosome.

**1.2.3.** Préciser les génotypes des individus I1, II3, II7 et III5. Justifier les réponses.

## 2. Signes cliniques et diagnostic

L'évolution de la maladie est lente et progressive. Les symptômes précoces témoignant de la surcharge en fer des tissus de nombreux organes (peau, os, foie, cœur, glandes, …) peuvent être à l'origine d'une **fatigue importante** et chronique, de **douleurs articulaires** notamment au niveau des doigts, un brunissement de la peau, de **troubles du rythme cardiaque**, de troubles de la fonction reproductrice chez l'homme et chez la femme. Lorsque la maladie est dépistée suffisamment tôt, des saignées régulières permettent de limiter la surcharge en fer et donnent aux patients une espérance de vie identique au reste de la population.

**2.1.** Donner les termes médicaux correspondant aux trois expressions en gras dans le texte précédent.

**2.2.** Donner les unités de sens correspondant aux quatre termes soulignés dans le texte.

La confirmation du diagnostic repose sur un examen biologique. Le **document 4A** présente les résultats d'analyse pour un individu atteint d'hémochromatose.

**2.3.** Déterminer, à l'aide des paramètres biologiques du **document 4A**, le liquide biologique analysé. Justifier la réponse.

**2.4.** Analyser le **document 4A**. En déduire les paramètres biologiques caractéristiques de l'hémochromatose.

Une surcharge en fer dans le foie peut également être mesurée par imagerie par résonance magnétique (IRM), ce qui permet d'éviter le prélèvement d'un morceau de foie (biopsie hépatique). Cette anomalie est alors calculée précisément en comparant le signal renvoyé par le foie, et celui renvoyé par les muscles voisins. Le **document 4B** présente le cliché d'une IRM du foie d'un sujet atteint d'hémochromatose héréditaire.

**2.5.** Identifier le plan de coupe du **document 4B** et entourer le foie sur ce document **(à rendre avec la copie de BPH).**

**2.6.** Expliquer l'avantage de l'IRM par rapport à une biopsie hépatique.

Enfin, la confirmation du diagnostic est assurée par un examen génétique qui permet, le plus souvent, de mettre en évidence la mutation C282Y.

**2.7.** Expliquer pourquoi la réalisation d'un caryotype, autre examen génétique, ne permet pas de poser un diagnostic dans le cas de l'hémochromatose héréditaire.

## 3. Complications de l'hémochromatose

### 3.1. Complications pancréatiques

Le diabète de type I est souvent associé à l'hémochromatose. Ce diabète est provoqué par la surcharge en fer détruisant les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas. Cette pathologie se manifeste par une hyperglycémie, une polydipsie, une polyurie, des infections à répétition (cutanées, urinaires…) et un amaigrissement.

**3.1.1.** Proposer une définition des termes médicaux soulignés dans le texte.

Afin de comprendre le lien entre la destruction des cellules β et l'apparition du diabète, différents paramètres sont étudiés suite à l'ingestion de glucose.

**3.1.2.** Analyser les graphes du **document 5A**.

**3.1.3.** Analyser les graphes du **document 5B**.

**3.1.4.** Mettre en relation les données fournies par les **documents 5A** et **5B** afin d'établir le lien entre la destruction des cellules β et l'apparition du diabète.

### 3.2. Complications articulaires

Les manifestations articulaires de l'hémochromatose sont très fréquentes et très proches cliniquement de celles observées au cours de l'arthrose. En effet, environ 2/3 des patients atteints de la maladie se plaignent de douleurs articulaires particulièrement au niveau des mains, des hanches et des genoux.

Le médecin prescrit une radiographie pour confirmer les atteintes articulaires et osseuses. Lors de cette maladie, une augmentation de la densité osseuse provoquée par des dépôts de fer est constatée.

Le **document 6** présente une radiographie du genou.

**3.2.1.** Reporter sur la copie les annotations correspondant aux repères 1 à 4 du **document 6** en utilisant les termes suivants : tibia, fémur, fibula (péroné), cartilage articulaire.

**3.2.2.** Indiquer si les dépôts de fer apparaitront comme des opacités ou des clartés. Argumenter à l'aide du principe de la radiographie.

### 3.3. Complications au niveau de l'appareil reproducteur masculin

L'hémochromatose entraîne une accumulation de fer dans l'anté-hypophyse à l'origine de troubles sexuels : atrophie testiculaire et baisse de la libido.

Le **document 7** présente un schéma de l'appareil reproducteur masculin.

**3.3.1.** Reporter sur la copie les annotations correspondant aux repères 1 à 6 du **document 7**.

Des expériences historiques sur des rats ont permis de déterminer l'existence de relations hormonales entre l'hypophyse et les testicules. Ces animaux présentent des mécanismes de régulation identiques à ceux de l'homme.

**Expérience 1 :** L'ablation de l'hypophyse provoque une atrophie testiculaire (hypogonadisme) et un arrêt du fonctionnement testiculaire.

**Expérience 2 :** L'injection d'extraits hypophysaires dans le sang d'un animal hypophysectomisé entraîne une augmentation du volume testiculaire et une reprise de la fonction testiculaire.

**Expérience 3 :** La castration d'un rat adulte entraîne une stérilité ainsi qu'une régression des caractères sexuels secondaires.

**Expérience 4 :** L'injection d'une hormone testiculaire, la testostérone, à un rat castré rétablit les caractères sexuels secondaires mais la stérilité persiste.

**3.3.2.** Interpréter les expériences 1 à 4.

**3.3.3.** Identifier les molécules 1, 2 et 3 ainsi que les cellules A à F du **document 8**.

L'accumulation de fer dans l'hypophyse a pour conséquence de diminuer les sécrétions de cette glande.

**3.3.4.** Rédiger, à l'aide du **document 8**, un texte court pour expliquer les conséquences, sur la fonction reproductrice chez l'homme, de cette accumulation de fer dans l'hypophyse.

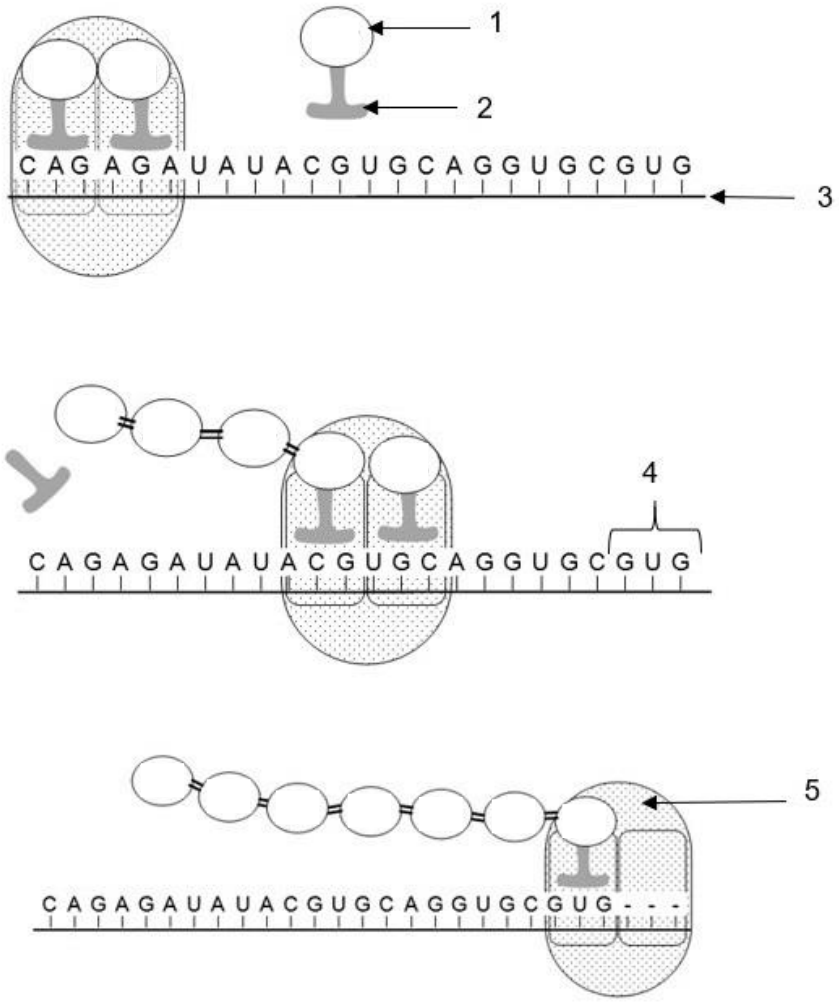
## 4. Synthèse

Présenter de manière synthétique (texte court, schéma ou carte mentale) l'origine de l'hémochromatose, son diagnostic et ses principales complications.

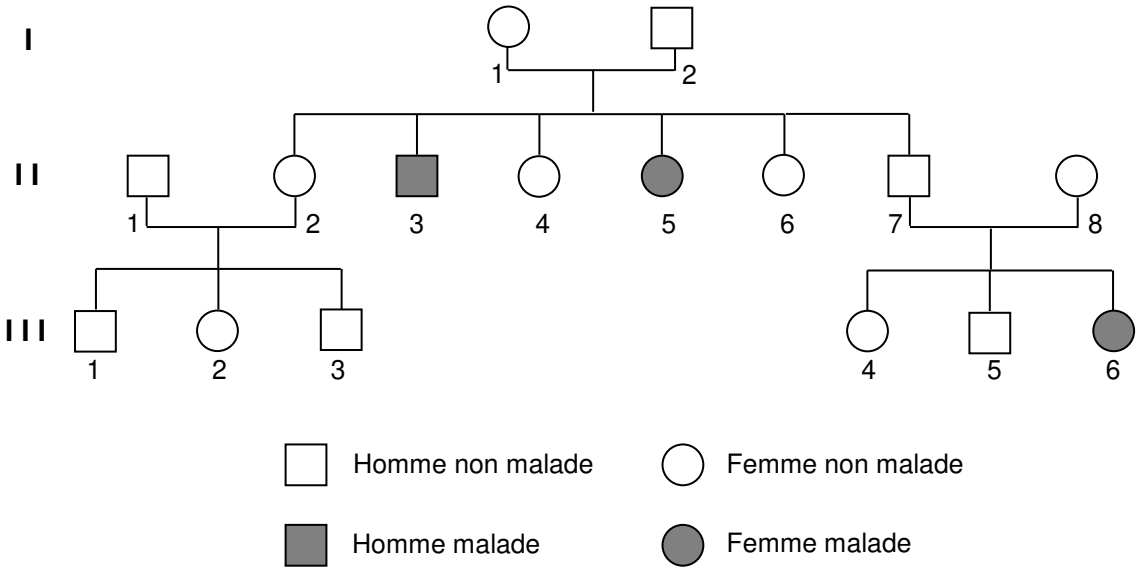
## Document 1 : Le tableau du code génétique

| Première lettre | Deuxième lettre U | Deuxième lettre C | Deuxième lettre A | Deuxième lettre G | Troisième lettre |
|---|---|---|---|---|---|
| U | UUU Phe | UCU Ser | UAU Tyr | UGU Cys | U |
| | UUC Phe | UCC Ser | UAC Tyr | UGC Cys | C |
| | UUA Leu | UCA Ser | UAA Stop | UGA Stop | A |
| | UUG Leu | UCG Ser | UAG Stop | UGG Trp | G |
| C | CUU Leu | CCU Pro | CAU His | CGU Arg | U |
| | CUC Leu | CCC Pro | CAC His | CGC Arg | C |
| | CUA Leu | CCA Pro | CAA Gln | CGA Arg | A |
| | CUG Leu | CCG Pro | CAG Gln | CGG Arg | G |
| A | AUU Ile | ACU Thr | AAU Asn | AGU Ser | U |
| | AUC Ile | ACC Thr | AAC Asn | AGC Ser | C |
| | AUA Ile | ACA Thr | AAA Lys | AGA Arg | A |
| | AUG Met | ACG Thr | AAG Lys | AGG Arg | G |
| G | GUU Val | GCU Ala | GAU Asp | GGU Gly | U |
| | GUC Val | GCC Ala | GAC Asp | GGC Gly | C |
| | GUA Val | GCA Ala | GAA Glu | GGA Gly | A |
| | GUG Val | GCG Ala | GAG Glu | GGG Gly | G |

## Document 2 : Schéma représentant l'étape de l'élongation de la traduction



## Document 3 : Arbre généalogique




## Documents 4 : Résultats d'examens paracliniques d'un patient souffrant d'hémochromatose héréditaire

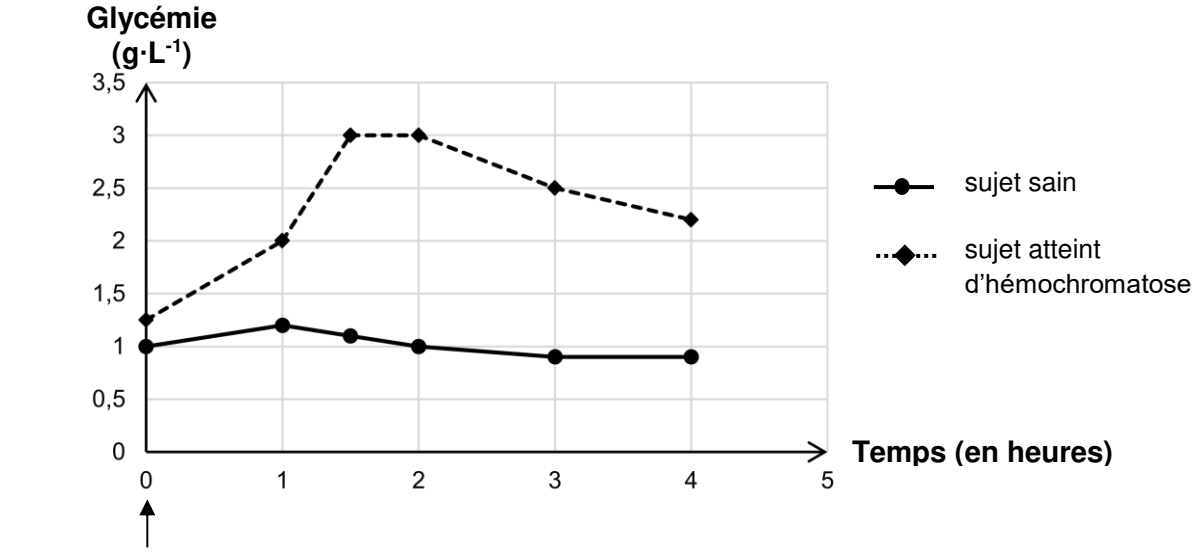
## Document 4A : Extrait des résultats d'analyses médicales

| **LABORATOIRE D'ANALYSES MEDICALES** | |
|---|---|
| M. Joël C.<br>Date de naissance : 08/12/1958 | Réf. dossier : 0044521289<br>Date de prélèvement : 01/10/2022 |

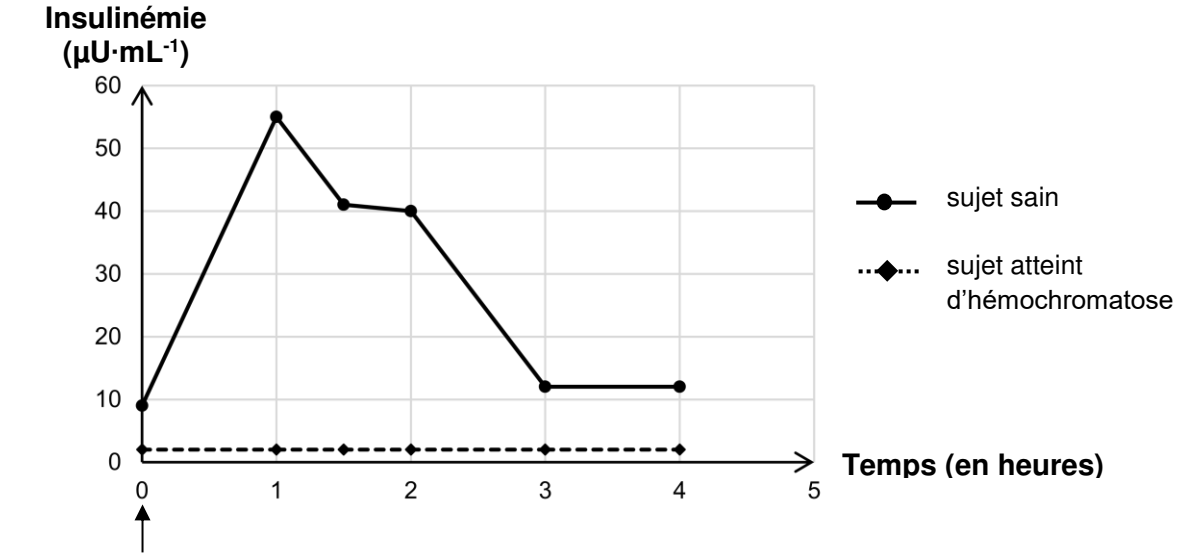
| **BIOCHIMIE** | | |
|---|---|---|
| | Patient | *Valeurs de référence* |
| Fer | 364 µg·mL$^{-1}$ | *60 - 170 µg·mL$^{-1}$* |
| Saturation de la transferrine (protéine de transport du fer) | 78 % | *20 - 30 %* |
| Glycémie | 0,93 g·L$^{-1}$ | *0,70 à 1,10 g·L$^{-1}$* |
| Calcium | 2,3 mmol·L$^{-1}$ | *2,2 à 2,5* mmol·L$^{-1}$ |
| Triglycérides | 0,67 g·L$^{-1}$ | *0,50 à 1,50* g·L$^{-1}$ |
| Cholestérol total | 1,75 g·L$^{-1}$ | *1,50 à 2,30* g·L$^{-1}$ |

**<u>Document 5</u> : Évolution de différents paramètres après ingestion de glucose chez un sujet sain et un sujet atteint d'hémochromatose**

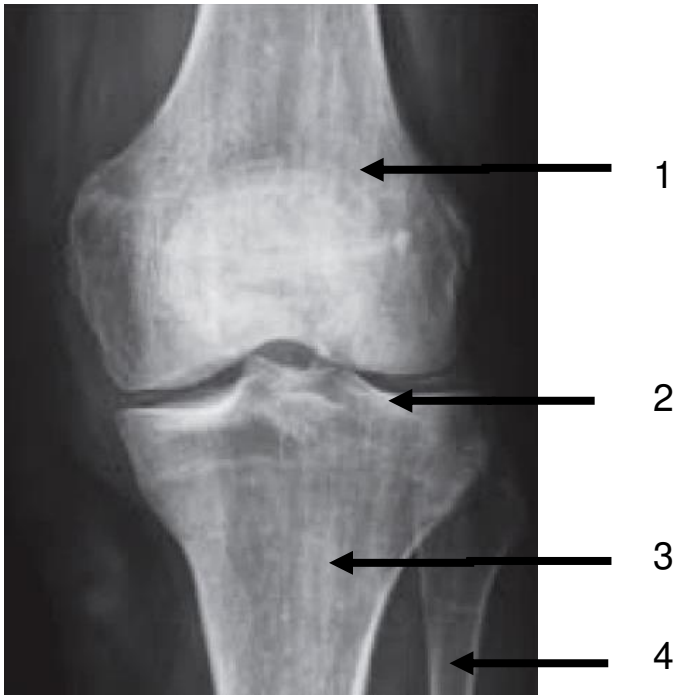
**<u>Document 5A</u> : Évolution de la glycémie après ingestion de glucose**



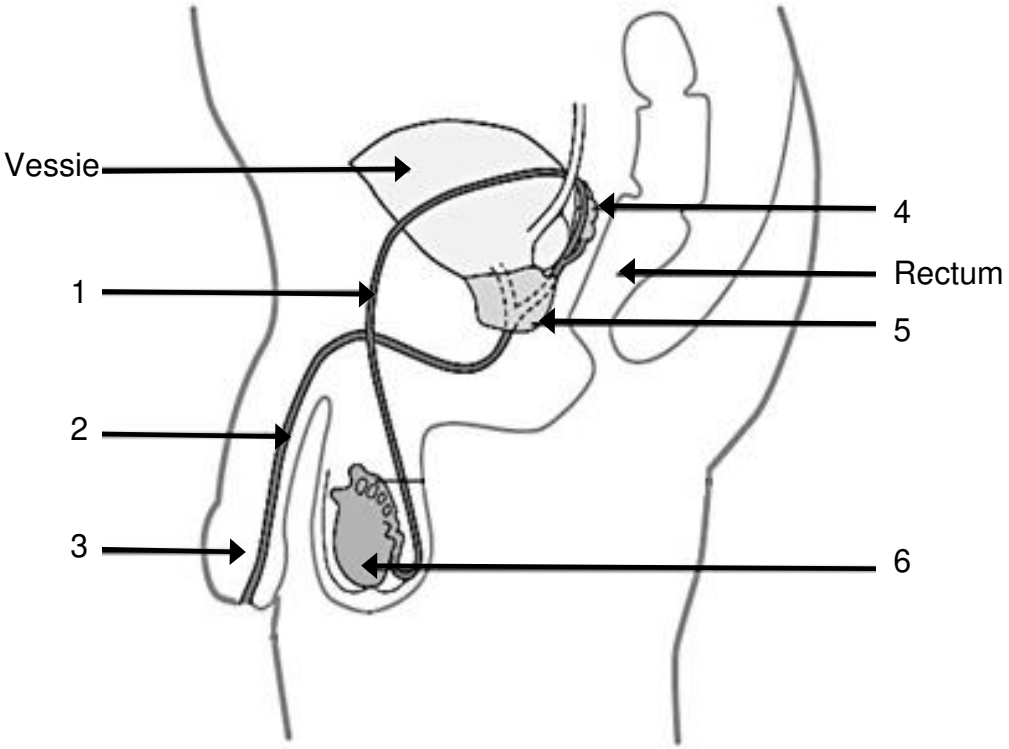

**<u>Document 5B</u> : Évolution de l'insulinémie après ingestion de glucose**



**<u>Document 6</u> : Radiographie du genou chez une personne atteinte d'hémochromatose de face**

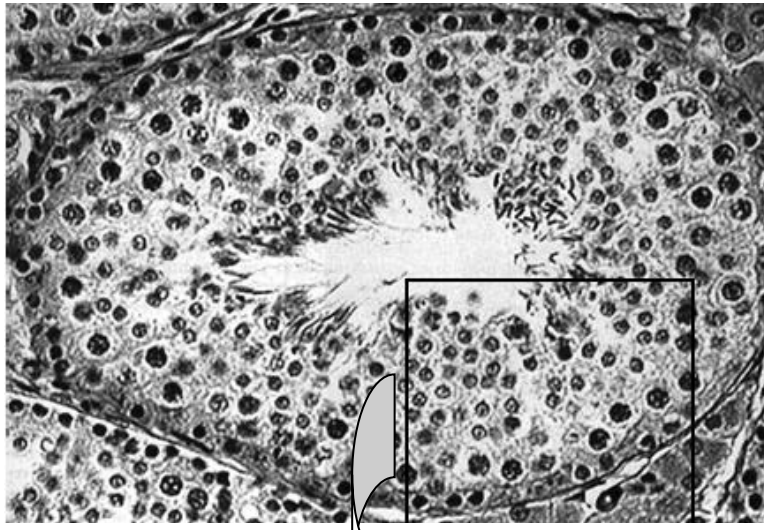



**<u>Document 7</u> : Schéma de l'appareil reproducteur masculin en coupe sagittale**

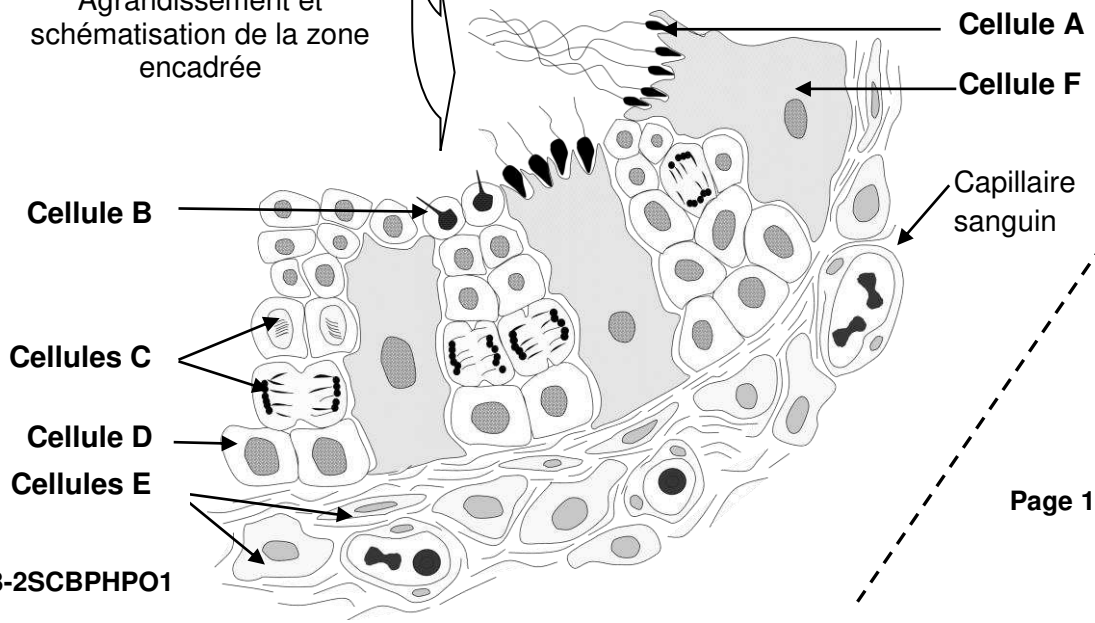


**<u>Document 8</u> : Histologie et contrôle de la fonction testiculaire**

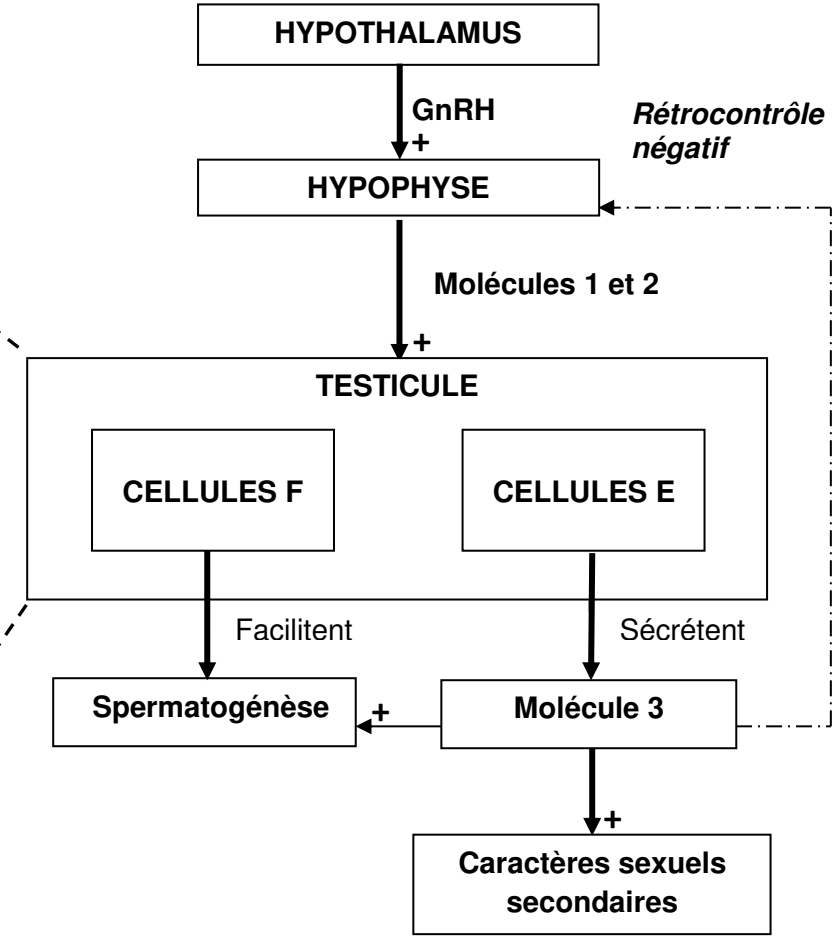
**<u>Document 8A</u> : Microphotographie (X 400) et schéma d'interprétation d'un tube séminifère en coupe transversale**



Agrandissement et schématisation de la zone encadrée




**<u>Document 8B</u> : Schéma du contrôle de la fonction testiculaire chez l'homme**



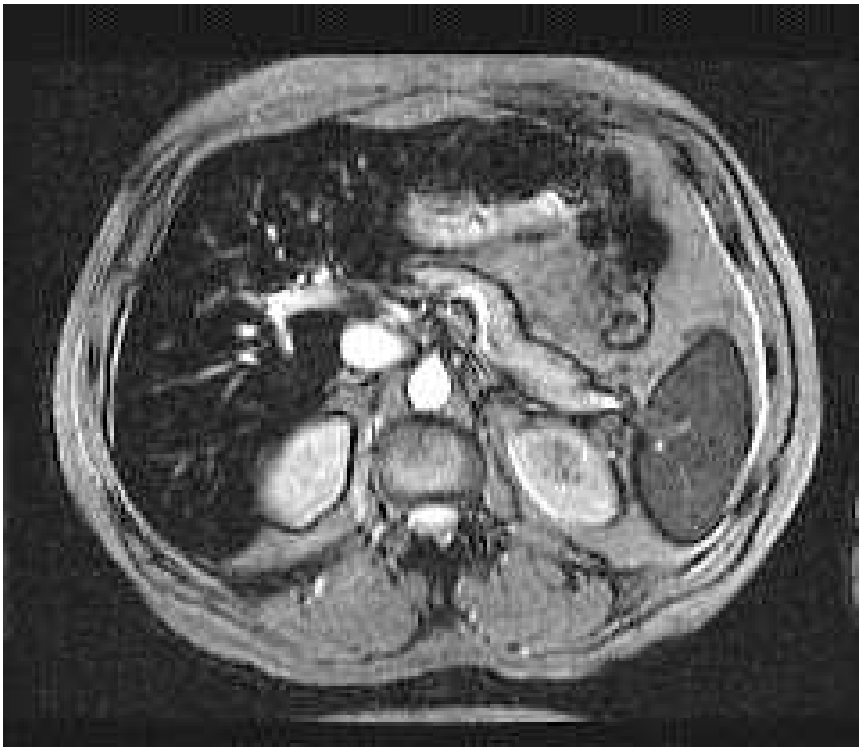

<u>Légende</u> :

**+** : stimulation

**PAGE À RENDRE AVEC LA COPIE DE BPH**

**<u>Document 4B</u> : Cliché d'imagerie par résonance magnétique d'un foie hémochromatique**

L'IRM est une technique sensible à l'existence de fer au sein des tissus. En effet, le fer est une substance paramagnétique qui entraîne une baisse importante du signal de résonnance, appelé hyposignal. Cet hyposignal est d'autant plus important que la surcharge en fer est élevée. En IRM, un hypersignal apparaît clair tandis qu'un hyposignal apparaît de couleur sombre à noir sur le cliché.



Plan de coupe :

Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) **:**
*(en majuscules)*

**PRENOM :**
*(en majuscules)*

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :** / /

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.