

LA CIRCULATION SANGUINE CHEZ LES MAMMIFERES

Partie 1 : le fonctionnement du cœur

Question 1

Réalisez un schéma fonctionnel du cœur de Mammifère indiquant notamment le sens de circulation du sang et la localisation du tissu nodal. Puis, à l'aide de l'analyse du document 1 et de vos connaissances, mettez en relation les phénomènes ioniques, électriques et mécaniques au cours du cycle cardiaque.

Partie 2 : la régulation à court terme de la pression artérielle

Le barostat est l'homéostat qui assure, en situation physiologique basale, la régulation à court terme de la pression artérielle moyenne.

Question 2

Après avoir défini la pression artérielle moyenne, précisez l'intérêt physiologique de sa régulation.

Question 3

Analysez de manière approfondie le document 2. Puis, intégrez vos connaissances à cette analyse pour réaliser un schéma-bilan de cette régulation. Vous préciserez le mode d'action des neuromédiateurs des systèmes nerveux ortho- et para-sympathiques impliqués dans cette régulation.

Partie 3 : la régulation à long terme de la pression artérielle

- Le maintien du volume sanguin est essentiel pour assurer la régulation à long terme de la pression artérielle.

Question 4

Expliquez la relation existant entre le volume sanguin et la pression artérielle.

Question 5

À partir de l'analyse du document 3 et de vos connaissances, présentez l'action de la vasopressine dans le contrôle des mouvements de l'eau. Vous préciserez notamment son lieu de synthèse, sa nature chimique, son mode de sécrétion et son compartiment de transport au sein de l'organisme, ainsi que son mode d'action sur les cellules cibles.

Vous préciserez également le principe de la technique utilisée dans l'expérience présentée dans le document 3C.

- *Le contrôle des mouvements de Na^+ constitue un volet important de la régulation des volumes extracellulaires. Cette régulation fait notamment appel à deux messagers chimiques, l'aldostérone et le peptide natriurétique atrial (Atrial Natriuretic Peptide ou ANP).*

Question 6

A l'aide du document 4 et de vos connaissances, présentez l'effet biologique, le mécanisme d'action ainsi que les facteurs contrôlant la sécrétion de l'aldostérone.

Question 7

Quelle est la contribution de l'ANP à la régulation à long terme de la pression artérielle ? Vous préciserez notamment ses effets biologiques et le contrôle de sa sécrétion.

- *Des chercheurs ont obtenu une lignée de souris transgéniques dont le foie synthétise et sécrète des quantités importantes d'ANP. Leur concentration plasmatique d'ANP est huit à dix fois plus élevée que celle des souris témoins. Leur pression artérielle moyenne est significativement diminuée par rapport à celle des souris témoins, mais leur débit cardiaque et leur excrétion urinaire de Na^+ sont normaux.*

- *D'autres chercheurs ont obtenu une lignée de souris transgéniques dont le gène de l'ANP a été invalidé par recombinaison homologue. Leur concentration plasmatique d'ANP est nulle, leur pression artérielle moyenne est anormalement élevée, mais leur débit cardiaque et leur excrétion urinaire de Na^+ sont normaux.*

Question 8

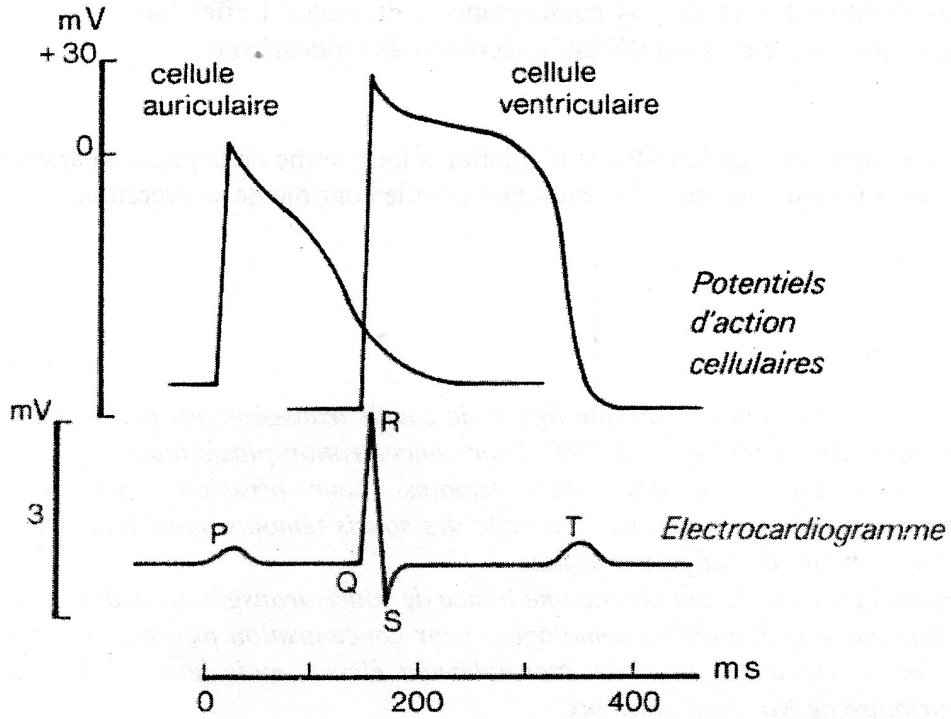
Présentez le principe des techniques permettant l'obtention de ces deux lignées de souris transgéniques.

Question 9

Comment s'expliquent les modifications de la pression artérielle moyenne des souris transgéniques ?

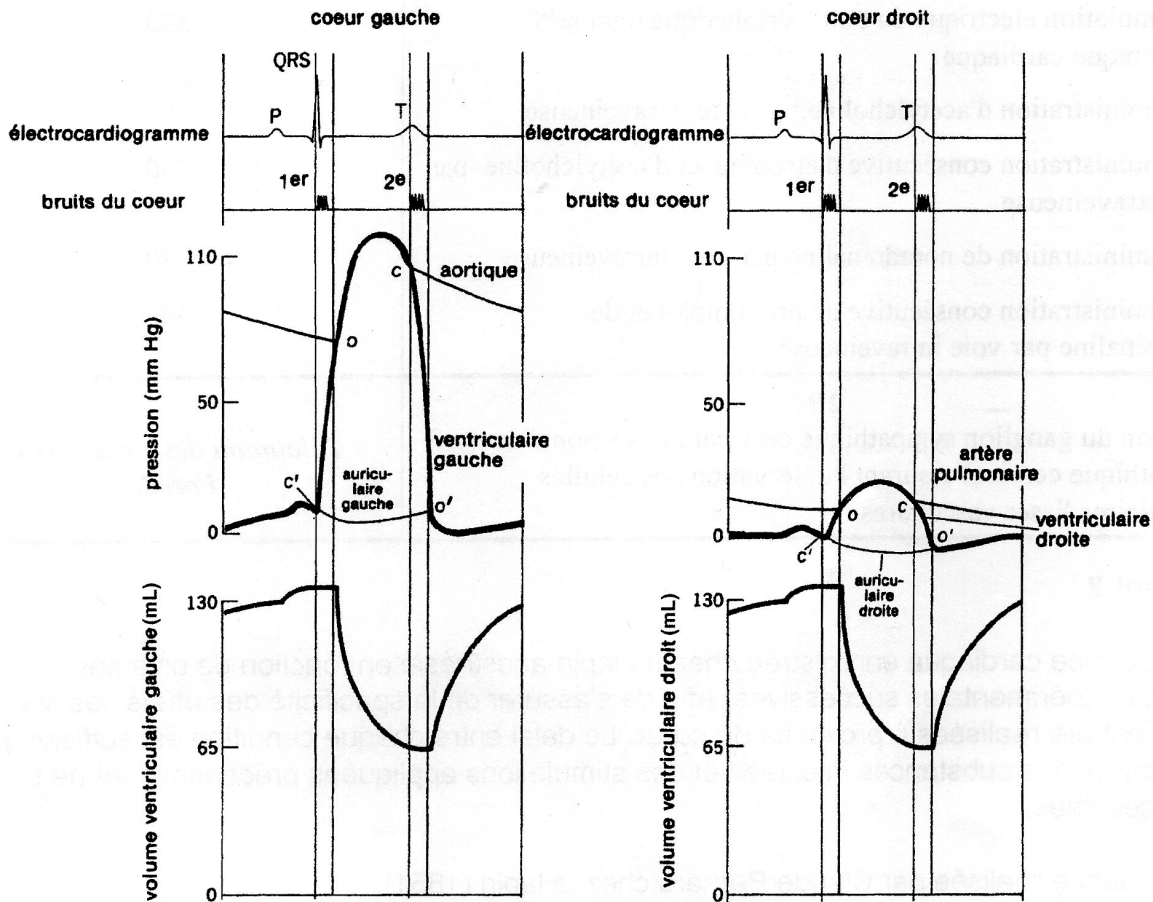
Question 10

Connaissant les effets biologiques de l'ANP, quelles hypothèses peut-on émettre pour expliquer que l'excrétion urinaire de Na^+ soit normale chez les souris transgéniques ?



Document 1 A – Différence de potentiel transmembranaire d'une cellule myocardique auriculaire et d'une cellule myocardique ventriculaire (tracés du haut) et électrocardiogramme en dérivation bipolaire des membres (tracé du bas).

Modifié d'après Michel Rieutort, *Physiologie animale*, Masson, 1999.



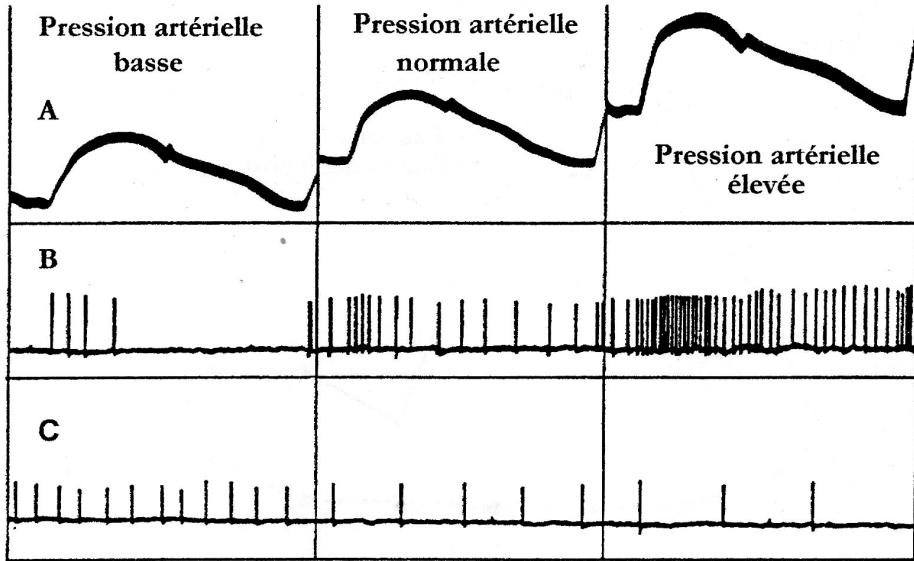
Document 1 B - Le cycle cardiaque chez les Mammifères
Les variables mentionnées dans la figure ci-dessus sont enregistrées simultanément au cours du temps.
Modifié d'après Vander, Physiologie humaine, Mac Graw-Hill.

| 2A | <i>Fréquence cardiaque (cycles cardiaques.min⁻¹)</i> |
|--|---|
| 1 - Conditions témoins | 270 |
| 2 - Section bilatérale des nerfs vagues | 350 |
| 3 - Stimulation électrique du bout périphérique d'un nerf vague | 100 |
| 4 - Section bilatérale des nerfs sympathiques cardiaques | 300 |
| 5 - Stimulation électrique du bout périphérique d'un nerf sympathique cardiaque | 330 |
| 6 - Administration d'acétylcholine par voie intraveineuse | 100 |
| 7 - Administration consécutive d'atropine et d'acétylcholine par voie intraveineuse | 300 |
| 8 - Administration de noradrénaline par voie intraveineuse | 330 |
| 9 - Administration consécutive de propranolol et de noradrénaline par voie intraveineuse | 300 |
| 2B Ablation du ganglion sympathique cervical ou section d'un nerf sympathique cervical assurant l'innervation des cellules musculaires lisses vasculaires. | <i>Dilatation des vaisseaux de l'oreille</i> |

Document 2

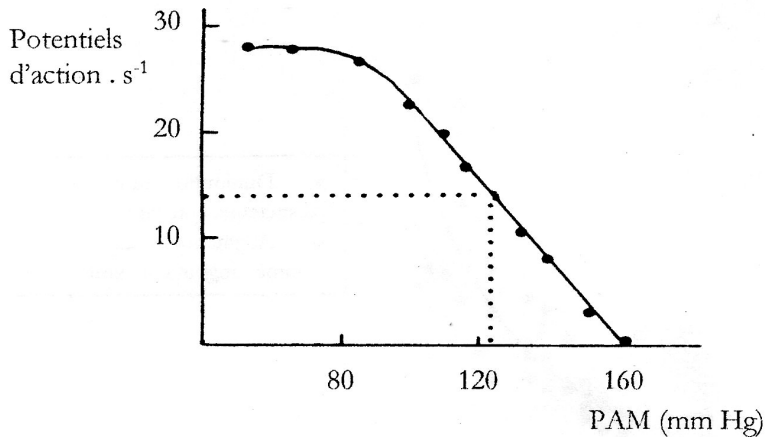
A – Fréquence cardiaque enregistrée chez un lapin anesthésié en fonction de diverses conditions expérimentales successives. Afin de s'assurer de la spécificité des effets, les sections de nerfs ont été réalisées à proximité du cœur. Le délai entre chaque condition est suffisant pour que les effets des substances injectées et des stimulations appliquées précédemment ne soient plus perceptibles.

B - Expérience réalisée par Claude Bernard chez le lapin (1851).



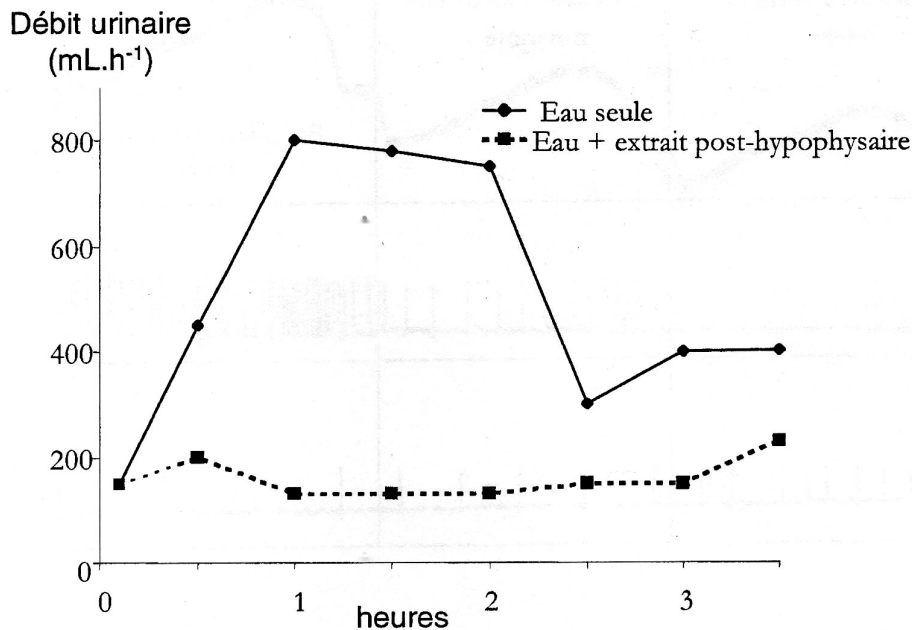
Document 2 C

Evolution conjointe de la pression artérielle (A), de l'activité électrique d'un nerf de Hering (B) et de l'activité électrique d'un nerf sympathique vasoconstricteur (C), lorsque l'expérimentateur fait varier la pression artérielle. Noter au niveau du tracé A que chaque fenêtre correspond à la fluctuation de la pression artérielle au cours d'un cycle cardiaque à un niveau de pression donné. *Modifié d'après K.M. Spyer, Oxford University Press, 1991.*



Document 2 D – Evolution de la fréquence de décharge d'un neurone, dont le corps cellulaire est localisé dans la partie rostrale et ventrale du bulbe rachidien et dont la terminaison est située dans la colonne intermédiolaterale de la moelle épinière thoraco-lombaire, en fonction de la pression artérielle moyenne (PAM).

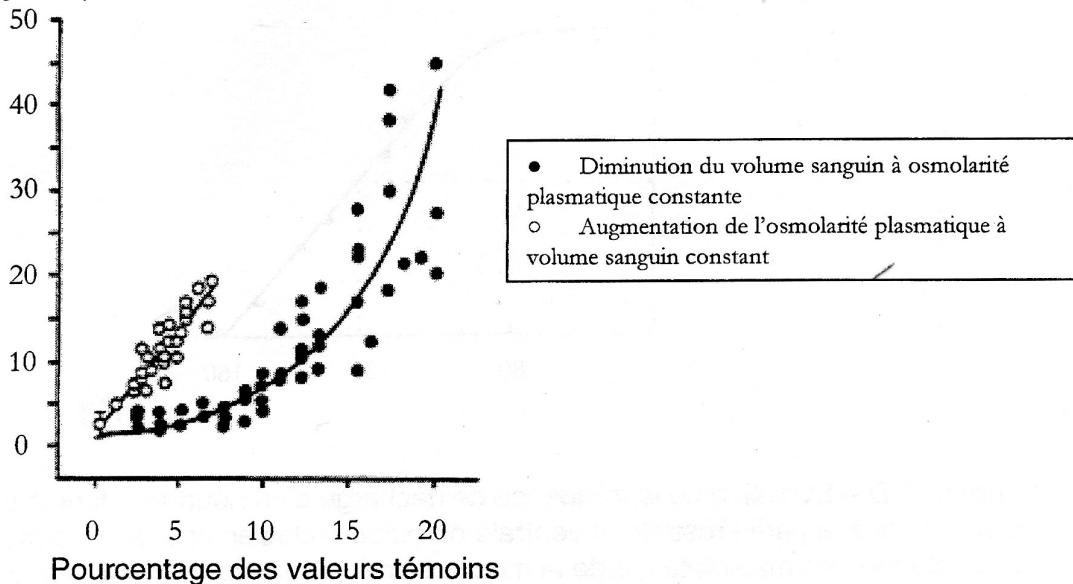
Modifié d'après Patrice Guyenet, Oxford University Press, 1991.



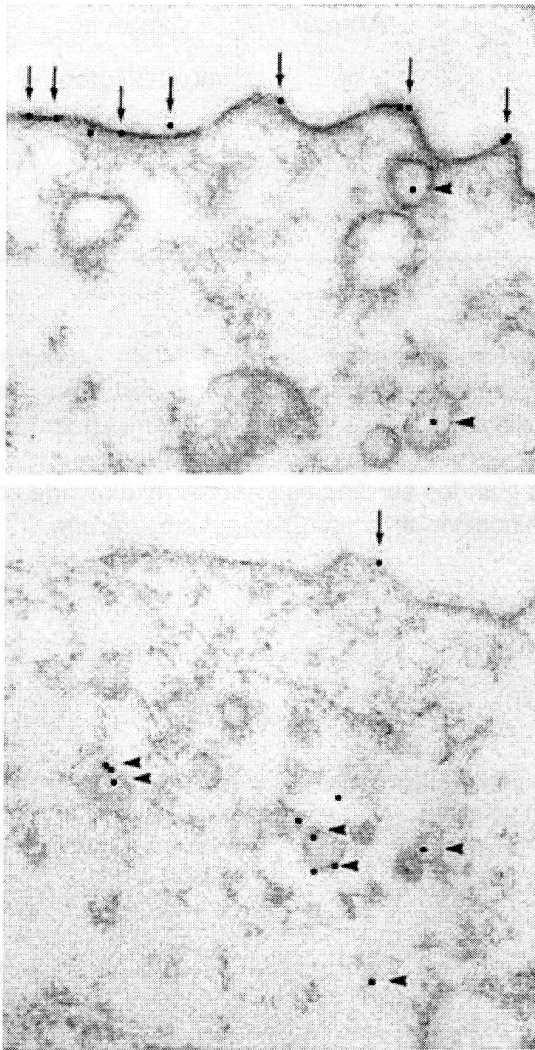
Document 3 A

Evolution de la diurèse dans les heures qui suivent l'absorption de 1,7 L d'eau chez un animal ayant ou non reçu une injection d'extrait post-hypophysaire au moment de la prise d'eau.

Concentration plasmatique de vasopressine (pg.mL⁻¹)



Document 3 B – Effets des variations de l'osmolarité du plasma et des variations du volume sanguin sur la concentration plasmatique de vasopressine chez l'Homme. L'axe des abscisses représente l'augmentation de l'osmolarité plasmatique (cercles vides) et la diminution du volume sanguin (cercles pleins) en pourcentage des valeurs témoins. Modifié d'après Lise Bankir, *Cardiovascular Research*, 2001.



Document 3 C

Immunodétection de l'aquaporine 2 sur des coupes transversales de tubes collecteurs de rein de rat observées en microscopie électronique à transmission (grossissement x 70000). Seule la partie apicale des cellules épithéliales du tube collecteur est visible.

A Tubes collecteurs préalablement incubés en présence de vasopressine.

B Condition témoin, pas de traitement préalable des tubes collecteurs.

Les marquages considérés comme spécifiques par les auteurs sont indiqués par des flèches.

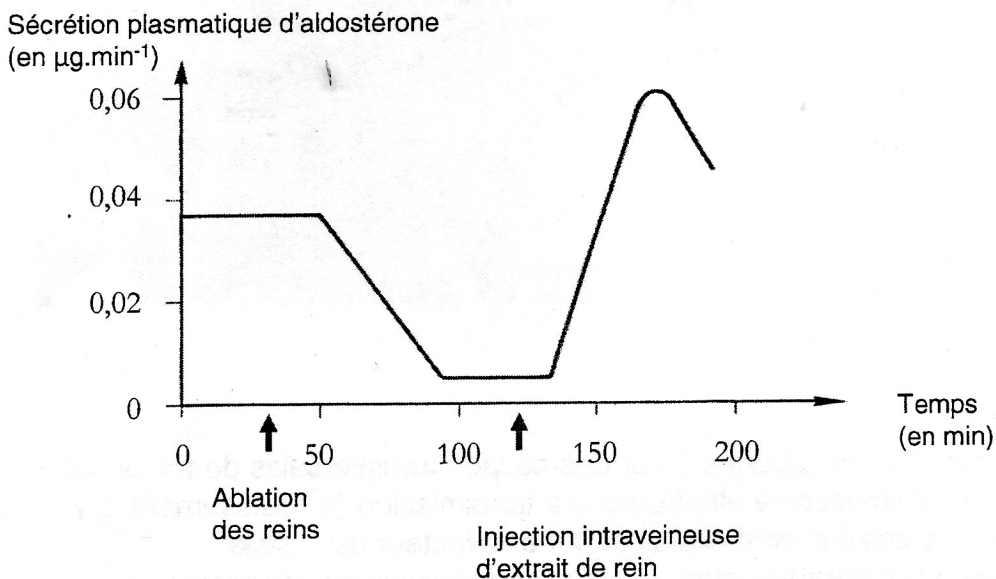
D'après Nielsen et al., 2002, Pysiol. Rev. Vol 82.

| Constituants | Concentration plasmatique (g.L ⁻¹) | | Excrétion urinaire (g.jour ⁻¹) | |
|-----------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
| | Animal sain | Animal surrénalectomisé | Animal sain | Animal surrénalectomisé |
| Na ⁺ | 3,3 | 3,1 | 5,0 | 6,5 |
| K ⁺ | 0,17 | 0,24 | 2,5 | 1,3 |

Document 4

A - Chez les Mammifères, une surrénalectomie bilatérale entraîne une polyurie qui est supprimée par une injection intraveineuse d'extraits de corticosurrénales. Le tableau ci-dessus résume les résultats des dosages d'électrolytes dans le plasma et dans l'urine chez des animaux sains et surrénalectomisés.

B- La perfusion des glandes surrénales par des solutions de concentrations variées de NaCl n'entraîne pas de modification significative de la production d'aldostérone.



Document 4 C - Sécrétion plasmatique d'aldostérone d'un chien avant et après l'ablation des reins, puis après injection intraveineuse d'extrait de rein prélevé chez un autre animal.