

PHYSIOLOGIE RENALE

Guedjati MR
Faculté de médecine de Batna

Les objectifs

1. Décrire les structures anatomiques du rein
2. Décrire les structures histologiques du néphron
3. Enumérer les étapes de la filtration glomérulaire (FG)
4. Décrire les mécanismes de la FG
5. Calculer la clearance de la créatinine
6. Citer les mécanismes qui modifient la FG
7. Définir les mécanismes de transports tubulaires
8. Schématiser les mécanismes des transferts tubulaires

Plan

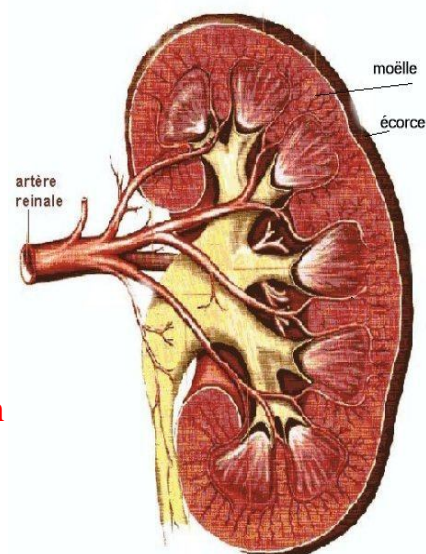
- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires
 - 1. de réabsorption
 - 2. de sécrétion
- IV. Rein et équilibre acido-basique
- V. Rein et équilibre phosphocalcique
- VI. Rein et équilibre potassique

REIN Partie (1)

3

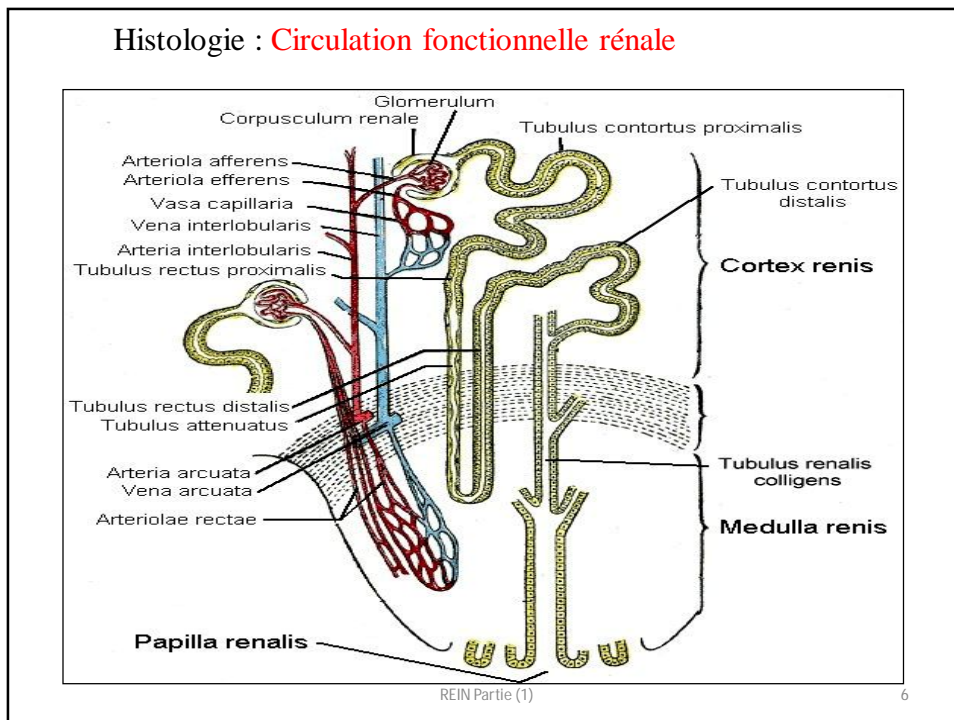
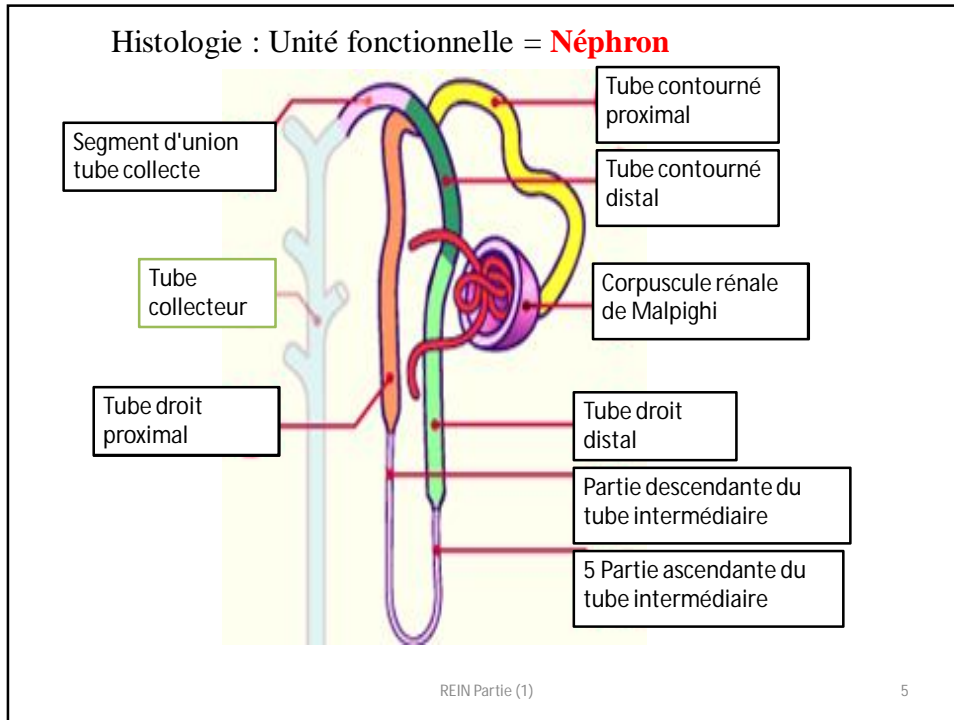
I. Introduction

- Anatomie: disposition, vascularisation
- Fonctions rénales:
 - Epuration et les équilibres,
 - Hydrominéral, Na+, H₂O, K+...
 - Acide – base,
 - Régulation de la pression artérielle
 - Métaboliques
 - Hormonales



REIN Partie (1)

4



Les étapes de la formation de l'urine

Filtration glomérulaire

Réabsorption tubulaire

Sécrétion / Excrétion tubulaire

REIN Partie (1)

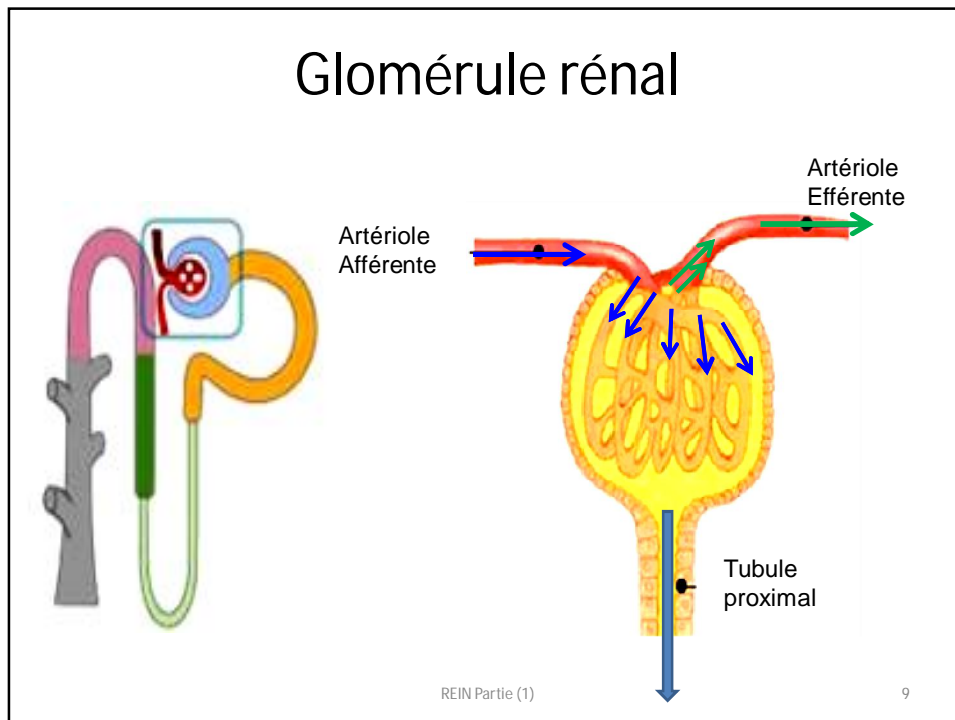
7

II. La filtration glomérulaire

- Lieu: Glomérule
- **Urine primitive** = plasma – Protéines (PM)
- Ultra filtrat plasmatique
- Mécanisme double:
 - ✓ Diffusion
 - ✓ Jeux de pressions

REIN Partie (1)

8

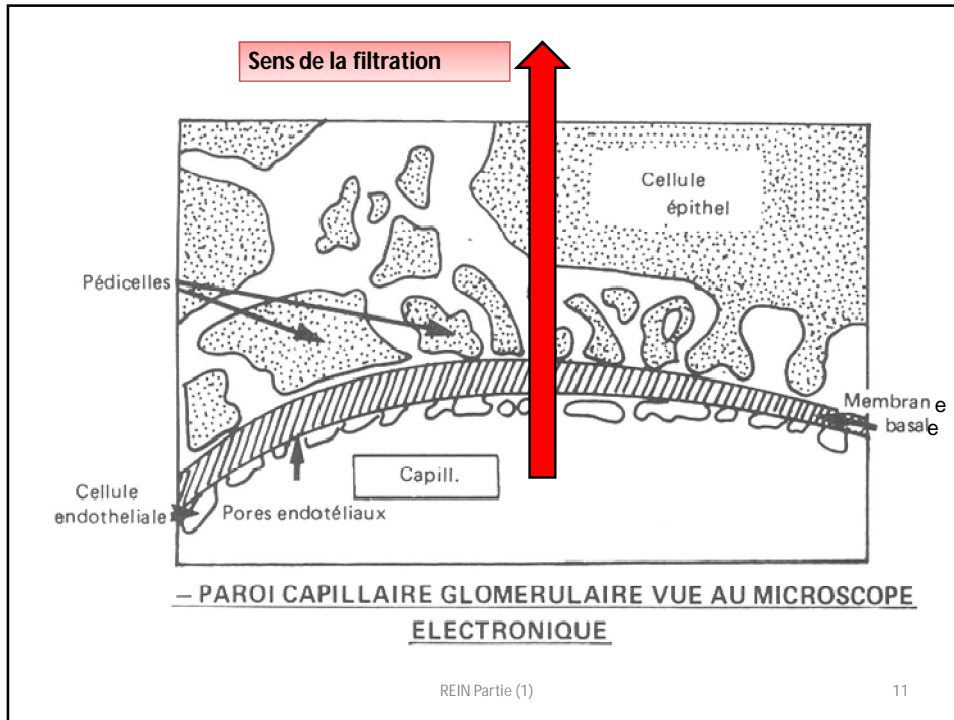


1. La diffusion

- Le glomérule = filtre sélectif
- la méthode des traceurs:
 - ❑ CYTOCHROME « C » PM = 12 000 da.
 - ❑ CATALASE BOVINE PM = 240 000 da.
 - ❑ FERRITINE PM = 640 000 da.
- C'est la pression capillaire qui détermine la perméabilité à travers le glomérule
- la diffusion s'effectue via les pores et les fentes.

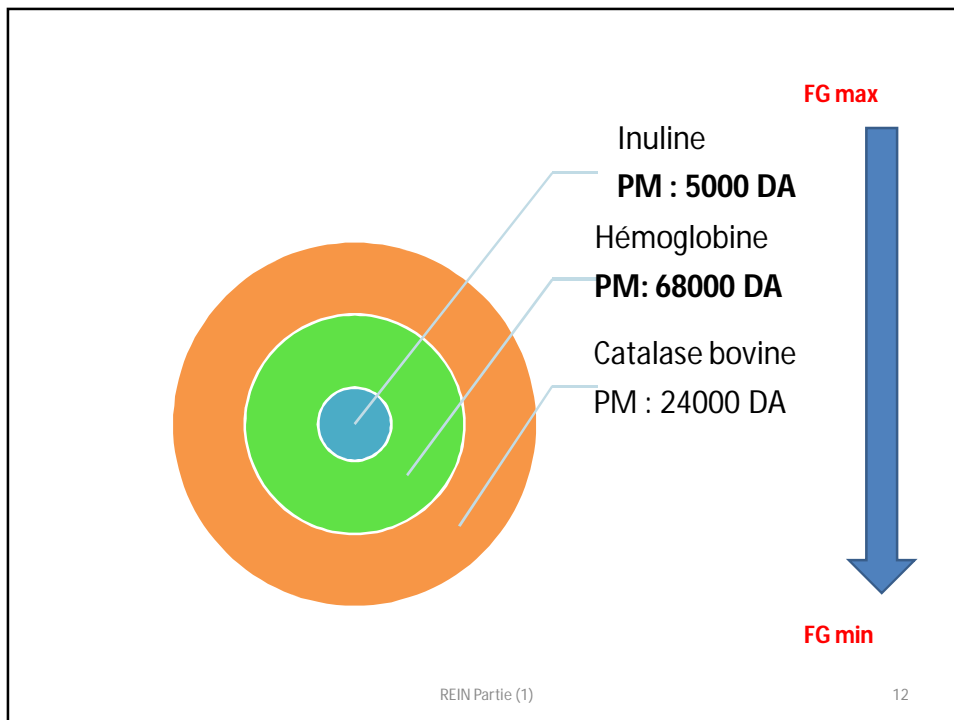
REIN Partie (1)

10



REIN Partie (1)

11



REIN Partie (1)

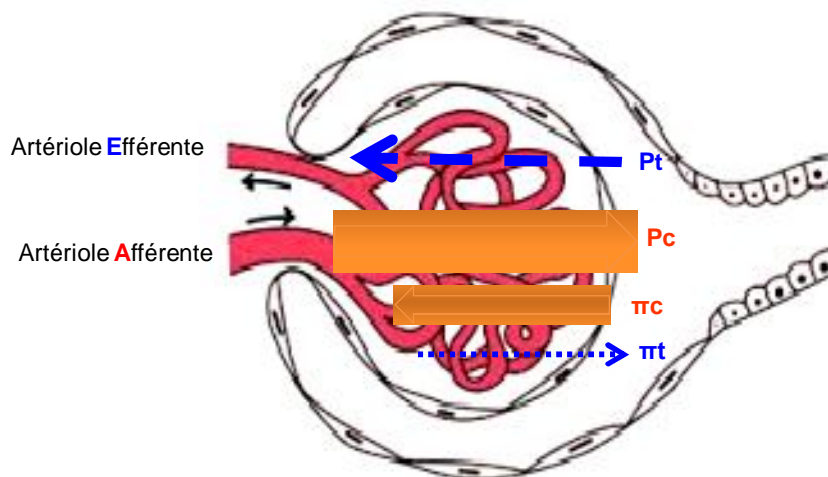
12

- Vitesse de diffusion inversement proportionnelle au poids moléculaire de la substance d'étude.
- La substance de choix d'étude de la filtration glomérulaire est l'**inuline** = polymère du fructose, PM = **5000 da**.

REIN Partie (1)

13

Jeux des pressions au niveau du glomérule



Pc = Pression Hydrostatique
Pt = Pression tubulaire
 π c = Pression oncotique capillaire
 π t = pression oncotique tubulaire

REIN Partie (1)

14

2. La FG proprement dite

Jeux de pression

$$P_f = P_h - (\pi_c + P_t)$$

$$P_f = 75 - (30 + 10)$$

$$P_f = 35 \text{ mmHg}$$

P_f = Pression de filtration
P_h = Pression Hydrostatique
P_t = Pression tubulaire
π_c = Pression oncotique capillaire

REIN Partie (1)

15

Comment mesurer la FG?

- Principes d'épuration
- « *to clear* » = nettoyer = débarrasser = « *rendre claire* »
- Définition de la **clearance** = **clairance**

REIN Partie (1)

16

Les critères d'une substance d'étude

Faible PM

Non ionisée

Non réabsorbée ni excrétée

Non toxique

Non produite par l'organisme ou le rein

REIN Partie (1)

17

La substance de choix est l'**inuline**.

$$\text{Clearance} = \frac{\text{Concentration urinaire de la substance (mg/ml)}}{\text{Concentration plasmatique de la substance (mg/ml)}} \times \text{Qu}$$

$$\text{Clearance} = \frac{\text{UI}}{\text{PI}} \cdot \text{Qu}$$

Qu : est le volume urinaire des 24h mesuré en ml/mn.

la clearance de l'inuline est égale à
125 ml/mn/1,73m²

REIN Partie (1)

18

Intérêt pratique

- Pratique difficile chez l'Homme...
- Substance de « *substitution* » = Créatinine
- **Endogène mais pratique**
- **Conditions d'utilisation...**
- **Formule de Cockcroft-Gault :**

$$\text{Clairance de la créatinine} = \frac{(140 - \text{âge ans}) \times \text{poids kg} \times K}{\text{créatinine } \mu\text{mol/l}}$$

K = 1,24 chez l'homme
K = 1,04 chez la femme

REIN Partie (1)

19

Débit de FG

$$DFG = Kf \times Pf$$

Kf: coefficient d'Ultra filtration, ce coefficient est fonction de la **surface de perméabilité (S)** et de la **perméabilité hydraulique (K)** de la paroi capillaire par unité de surface.

K dépend de la **contraction des myofibrilles** du **tissu mésangiales glomérulaires**.

REIN Partie (1)

20

Facteurs modifiant la FG

- L'**intégrité** du filtre glomérulaire (et de la structure néphrogénique).
- **Sexe** : Chez l'homme : FG= 130 ± 15 ml/mn/1,73 m²
Chez la femme : FG= 120 ± 15 ml/mn/1,73m²
- **Age** : la FG diminue de 05 % chaque 10 ans.
- **Grossesse** : la FG augmente de 30 % ; 150 ml/mn/1,73m²
- **Le débit sanguin rénal**, de façon générale plus le débit rénal augmente plus la FG augmente aussi.
- La **vasoconstriction de l'artériole afférente** diminue la FG.
- La **vasoconstriction de l'artériole efférente** augmente la FG.
- La **stimulation sympathique** diminue la FG.

REIN Partie (1)

21

Tâches

- Décrivez les mécanismes de la filtration glomérulaire?
- Un individu faisant un exercice physique quotidien, trouve à chaque fois une diminution de sa diurèse, pouvez vous expliquer le pourquoi?

REIN Partie (1)

22

5 stades de l'insuffisance rénale chronique

- **Stade 1 : $FG > 90 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2 < 120 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2$**
 - **Stade 2 : $60 \text{ ml/mn} < FG < 90 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2$**
 - **Stade 3 : $30 \text{ ml/mn} < FG < 60 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2$**
 - **Stade 4 : $FG < 30 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2$ imposant la préparation à EER**
 - **Stade 5 : $FG < 15-10 \text{ ml/mn}$ IR Terminale (IRT) dépendante de l'EER**
- EER = Epuration ExtraRénale**

REIN Partie (1)

23

III. Transferts tubulaires

- En moyenne 125 ml/mn de liquide filtre le rein, un total de $180 \text{ litres} / 24 \text{ h}$;
- Urine définitive (UV) = $FG - Q_r + Q_s$
- Mécanismes = transferts

REIN Partie (1)

24

Les transferts sont :

Réabsorption

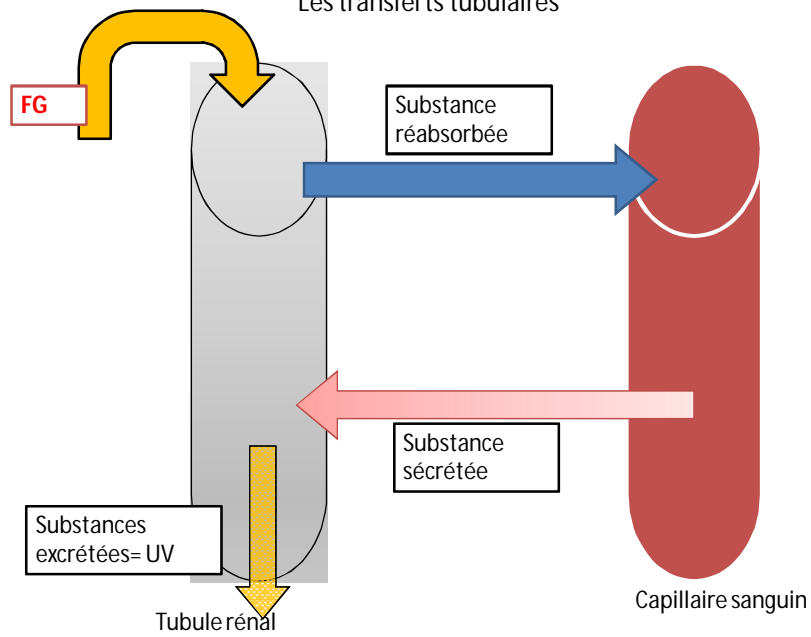
Sécrétion

Excrétion

REIN Partie (1)

25

Les transferts tubulaires



REIN Partie (1)

26

Définitions

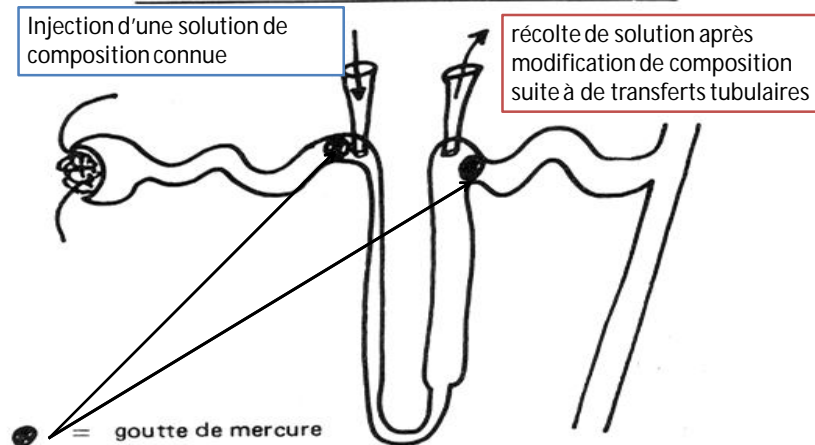
- Transport actif
- Transport passif
- Diffusion piégée
- Seuil d'un transfert (St)
- Taux maximum d'un transport (Tm)

REIN Partie (1)

27

Méthodes **expérimentales** d'étude des transferts tubulaires

– TECHNIQUE DE MICROPERFUSION

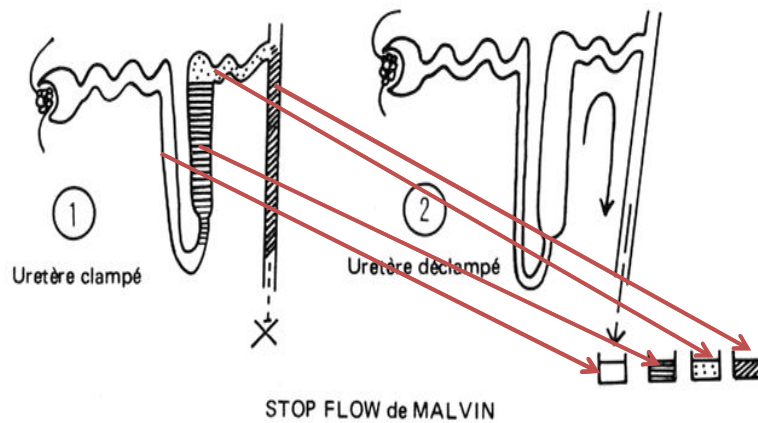


REIN Partie (1)

28

Méthodes **expérimentales** d'étude des transferts tubulaires

– TECHNIQUE DE LA DIURESE INTERROMPUE



REIN Partie (1)

29

Clearances tubulaires

1) **Clearance de réabsorption** ($< 125 \text{ ml/mn}/1,73\text{m}^2$)

$$UV = FG - Qr$$

UV : quantité excrétée,

FG : quantité filtrée.

Qr : quantité réabsorbée.

$$Qr = FG - UV$$

NB: substances ne subissant pas uniquement une FG

REIN Partie (1)

30

2) Clearance de sécrétion (> 125 ml/mn/1,73m²)

$$UV = FG + Qs$$

UV : quantité excrétée,

FG : quantité filtrée.

Qs : quantité sécrétée.

$$Qs = UV + FG$$

REIN Partie (1)

31

Tâches

✓ Assurez-vous que vous êtes capables de schématiser les trois lieux des transferts Tubulaires?

✓ Assurez-vous que vous êtes capables de schématiser les directions des transferts Tubulaires en ayant l'illustration d'une cellule Tubulaire?

REIN Partie (1)

32

Plan

- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires
 - 1. de réabsorption
 - 2. de sécrétion
- IV. Rein et équilibre acido-basique
- V. Rein et équilibre phosphocalcique
- VI. Rein et équilibre potassique

PHYSIOLOGIE RENALE

Guedjati MR

Les objectifs

1. Décrire les mécanismes de réabsorption du sodium au niveau du TCP
2. Décrire les mécanismes de réabsorption du sodium au niveau de l'anse de Henlé
3. Décrire les mécanismes de réabsorption du sodium au niveau du TCD
4. Décrire le système rénine angiotensine aldostérone
5. Décrire les mécanismes de réabsorption de l'eau
6. Identifier les mécanismes d'action de l'ADH

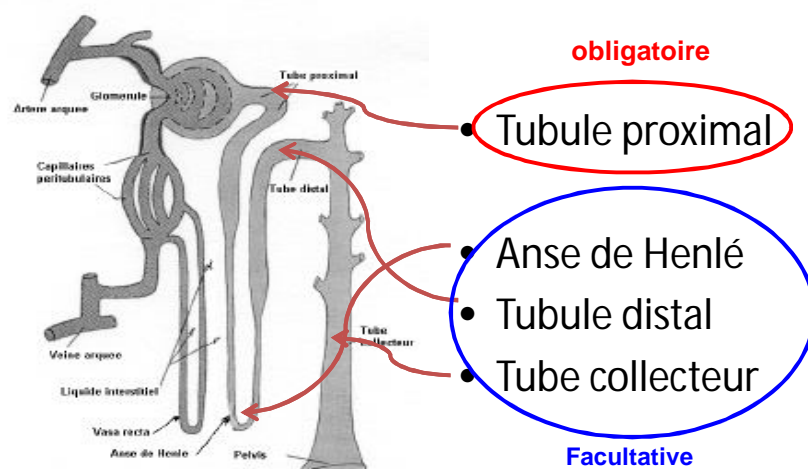
Plan

- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires
 1. de réabsorption
 2. de sécrétion
- IV. Rein et équilibre acido-basique
- V. Rein et équilibre phosphocalcique
- VI. Rein et équilibre potassique

REIN Partie (2)

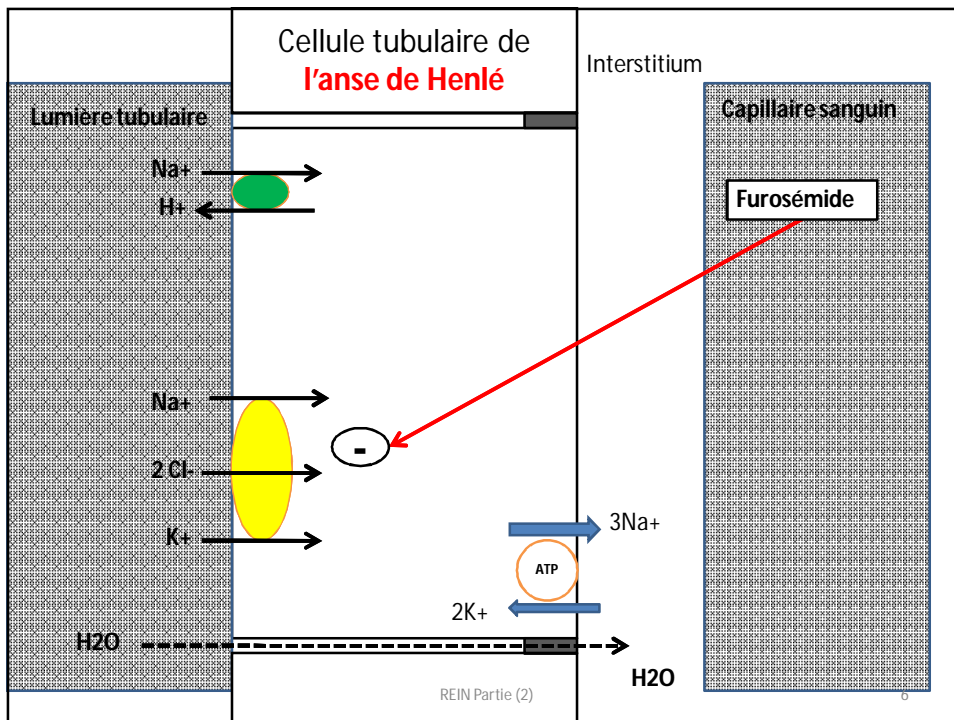
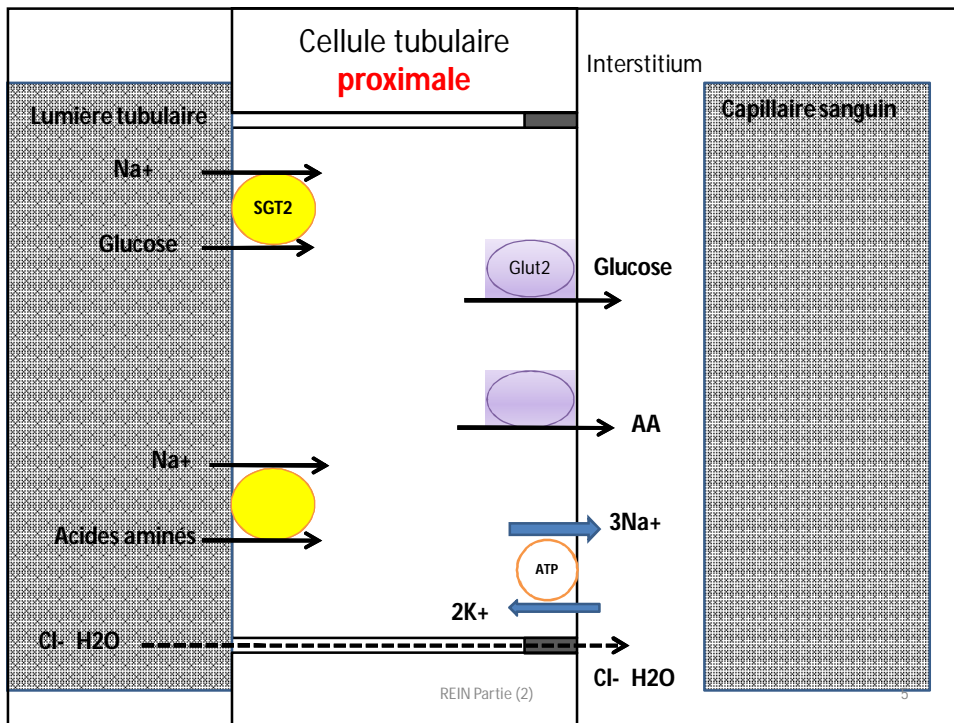
3

1. Réabsorptions tubulaires du sodium et de l'eau



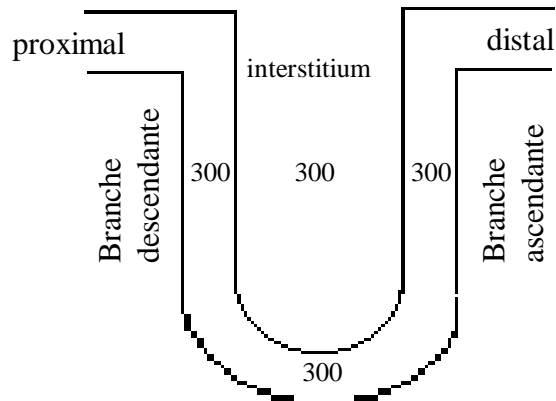
REIN Partie (2)

4



Au niveau de l'anse de Henlé

- Au départ : iso-osmolarité de tous les segments et du milieu interstitiel

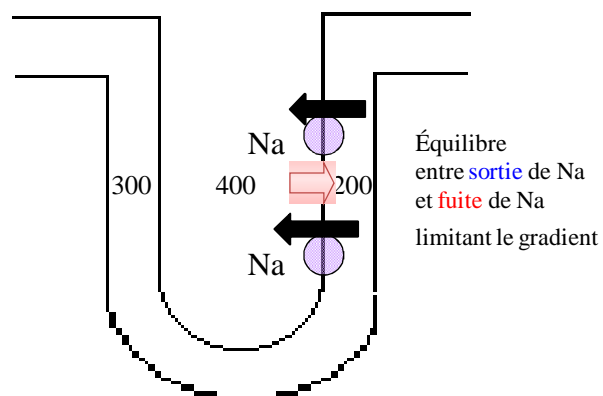


REIN Partie (2)

Anse de Henlé 7

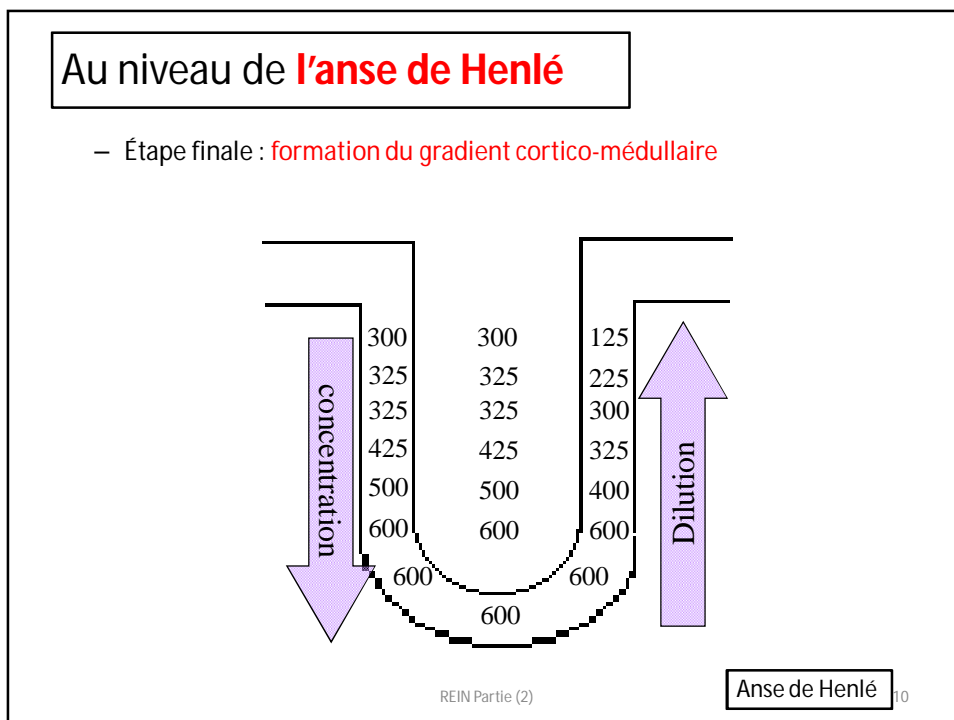
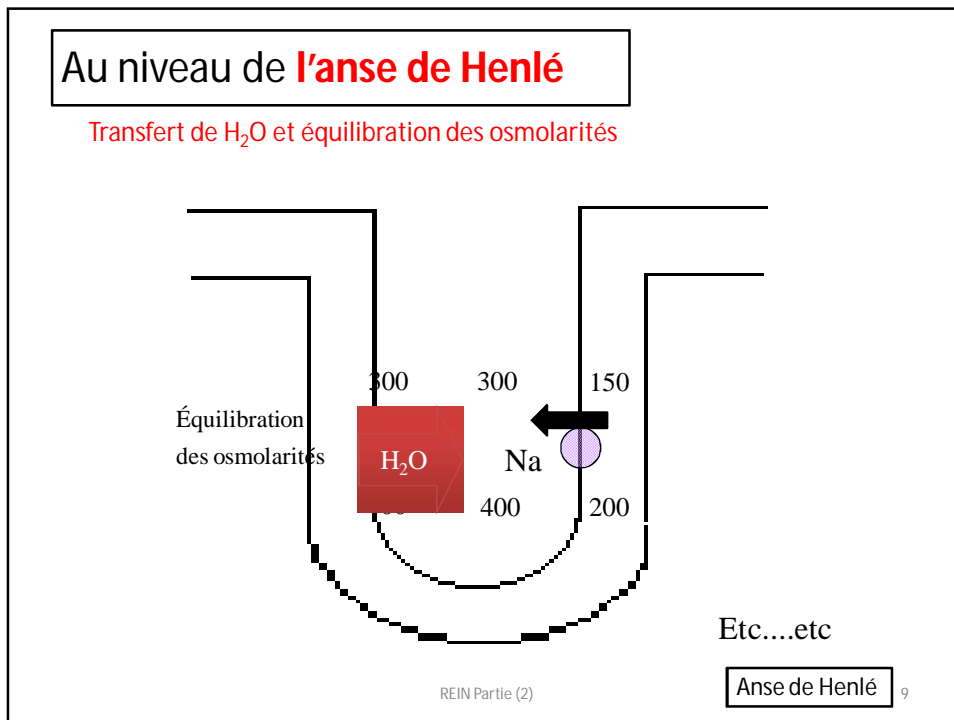
Au niveau de l'anse de Henlé

- Puis : Ajout de Na depuis la branche ascendante vers le milieu interstitiel grâce aux pompes Na



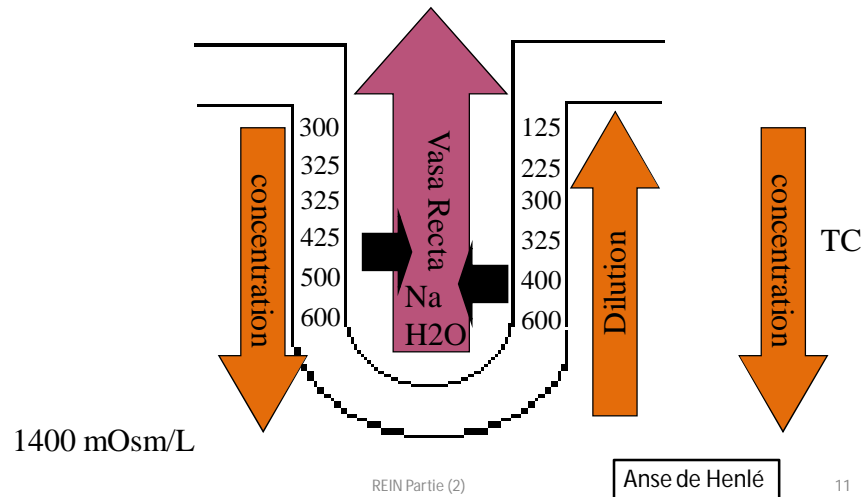
REIN Partie (2)

Anse de Henlé 8



Au niveau de l'anse de Henlé

- Importance des **vasa-recta** pour le maintien du gradient = échanges à contre courant

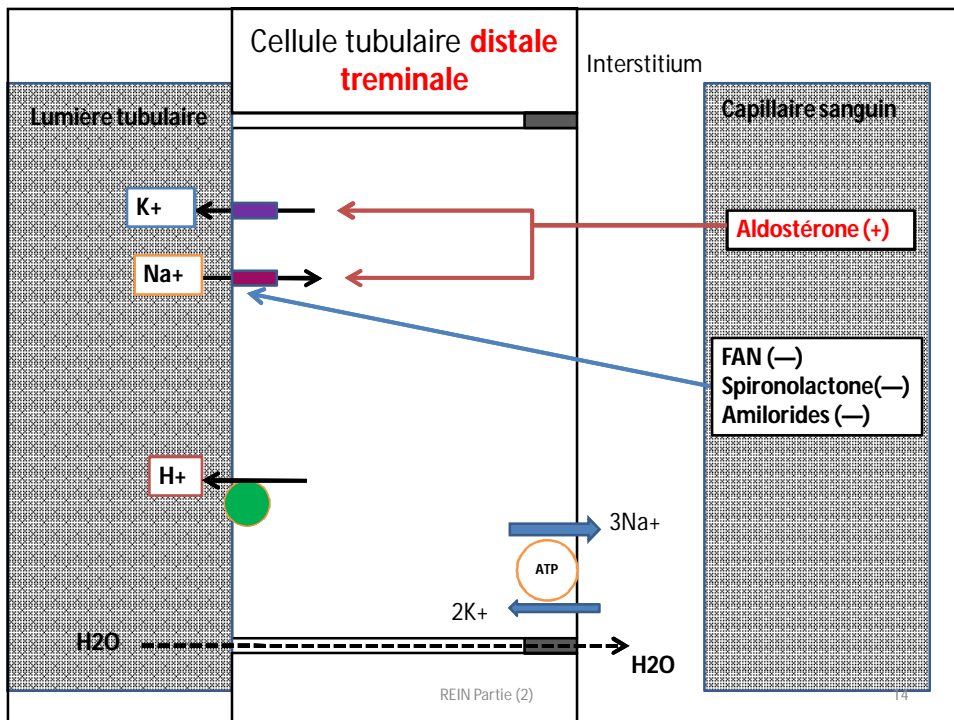
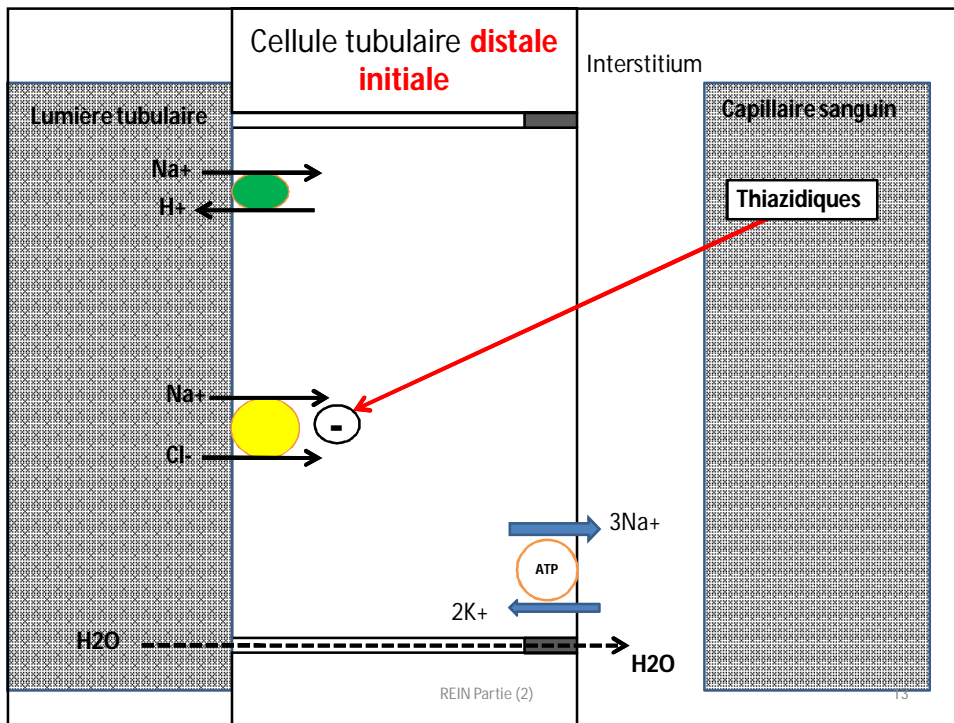


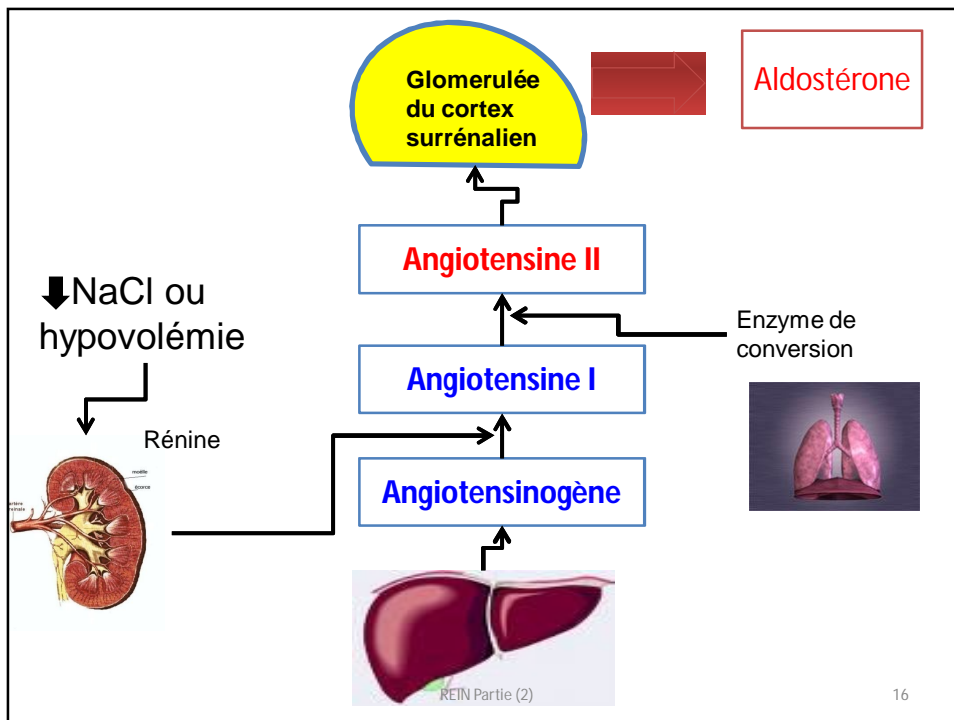
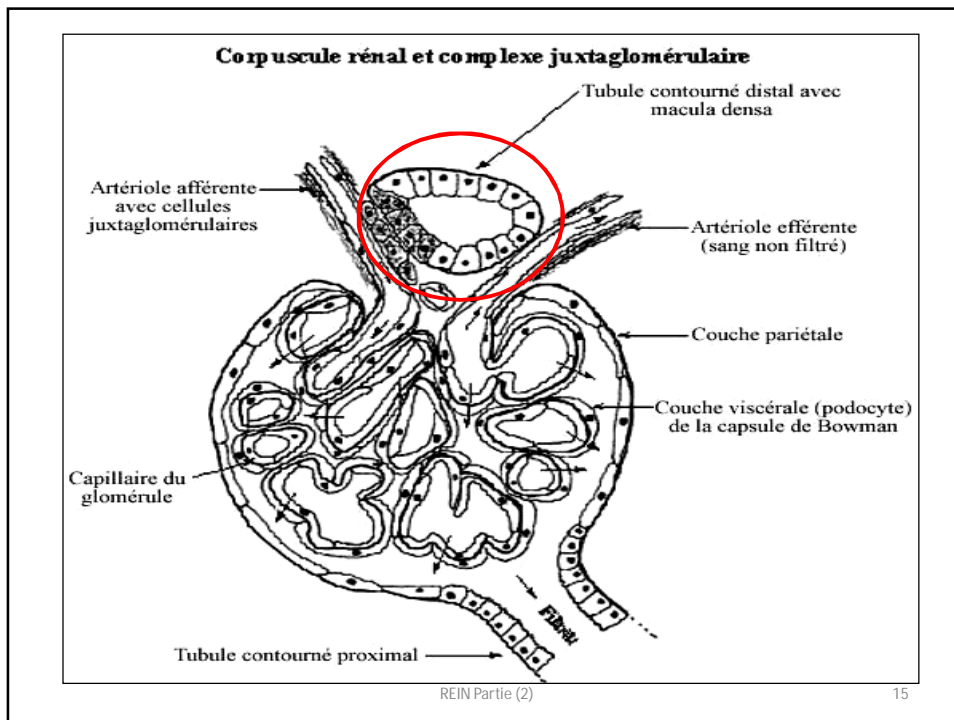
Mouvements d'eau et du sodium au niveau du tubule distal

- Distal initial
- Distal terminal

REIN Partie (2)

12





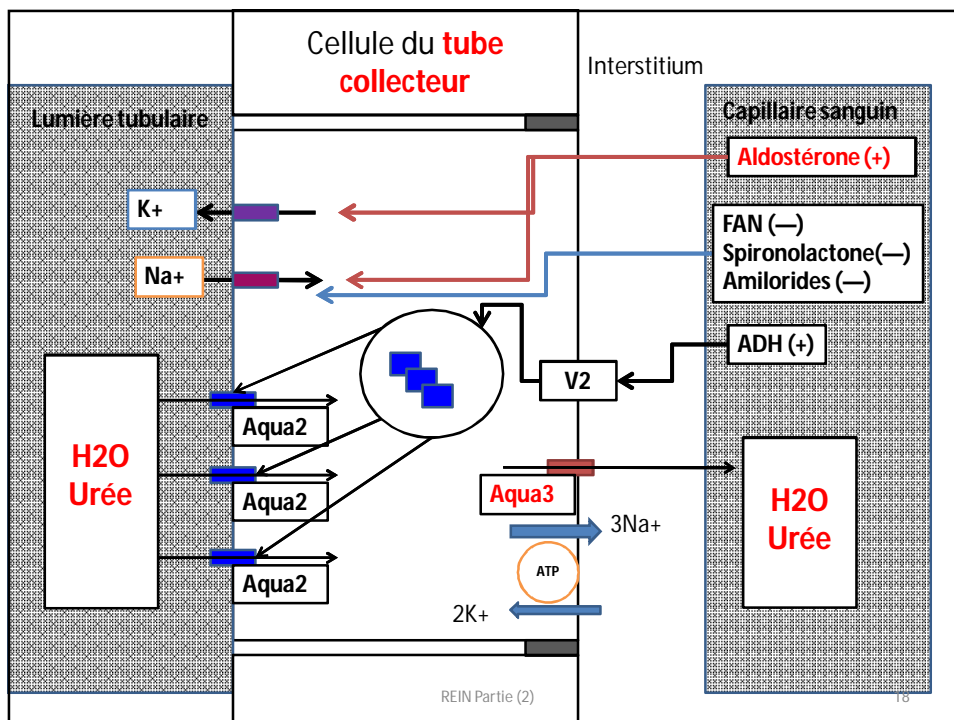
Le tubule collecteur

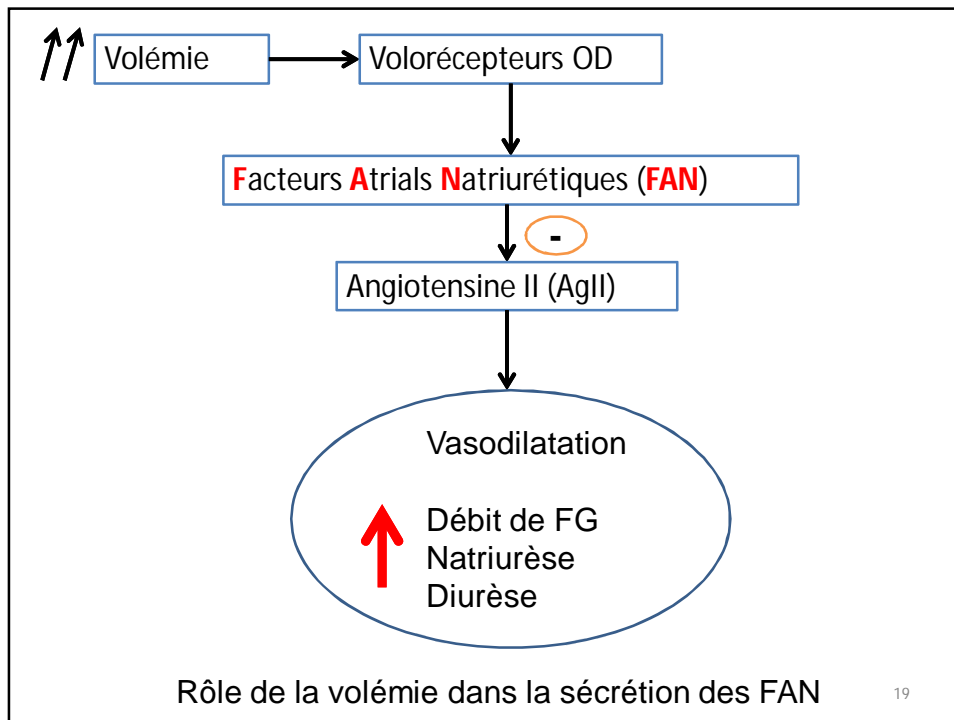
Reçoit l'eau préparée par l'anse de Henlé et le tubule distal.

Participe au mécanisme de concentration
dilution de l'urine + Action de l'aldostérone
+ **ADH**

REIN Partie (2)

17





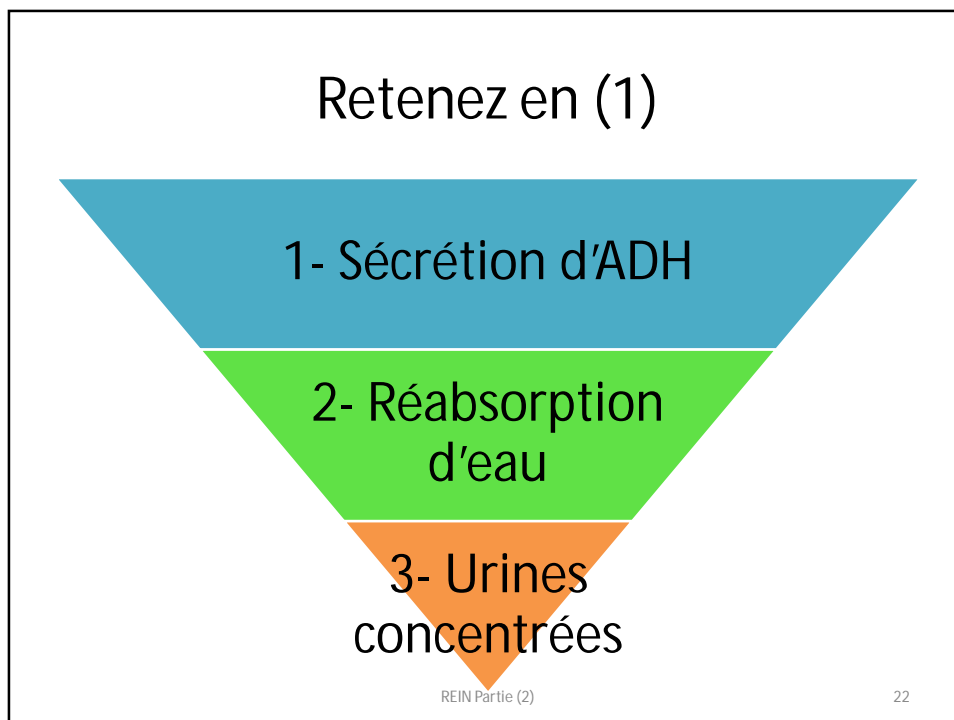
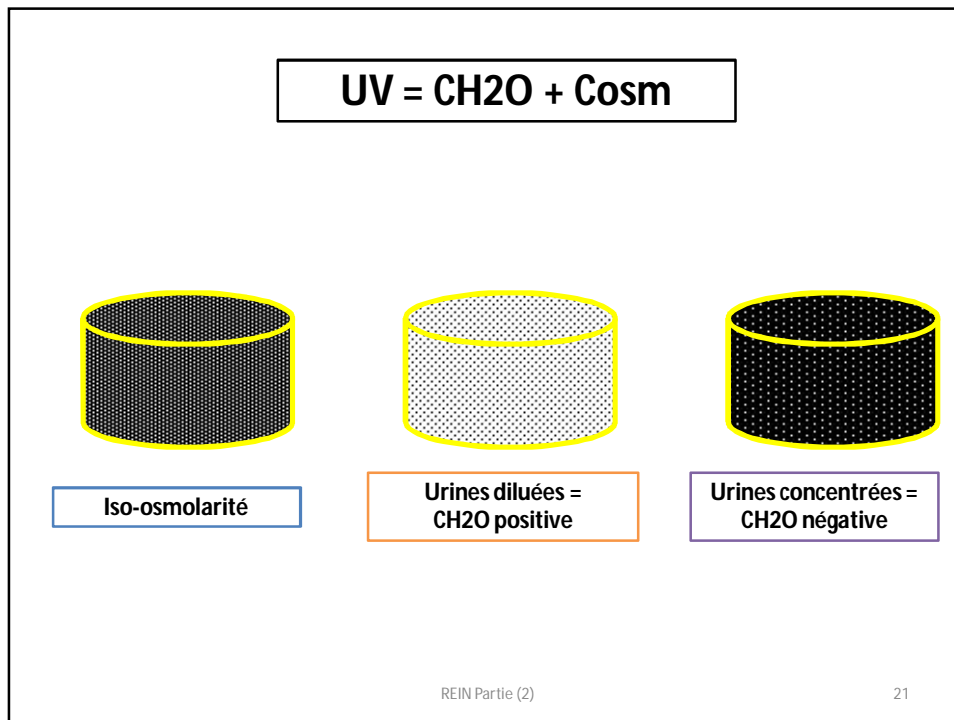
19

Clearances osmolaire et de l'eau libre

- $CH_2O \equiv UV \equiv Cosm$
UV: urine finale; Cosm: clearance osmolaire
 CH_2O : clearance de l'eau libre.
- **CH_2O est positive:** pas de sécrétion d'ADH ou diabète insipide (central ou néphrogénique)
- **CH_2O est négative :** sécrétion d'ADH ou restriction hydrique.

REIN Partie (2)

20



Retenez en (2)

1 - Urines diluées

2- Excrétion rénale d'eau

3- pas ADH

REIN Partie (2)

23

Tâches

Sur un schéma, essayez de décrire les mécanismes d'action des diurétiques que vous connaissez?

REIN Partie (2)

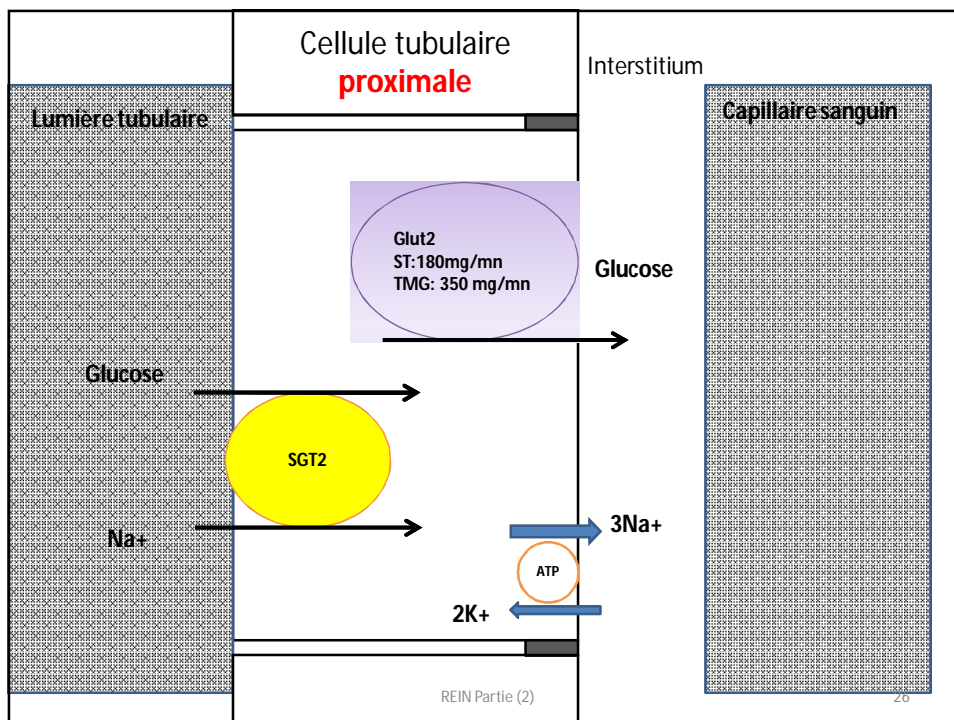
24

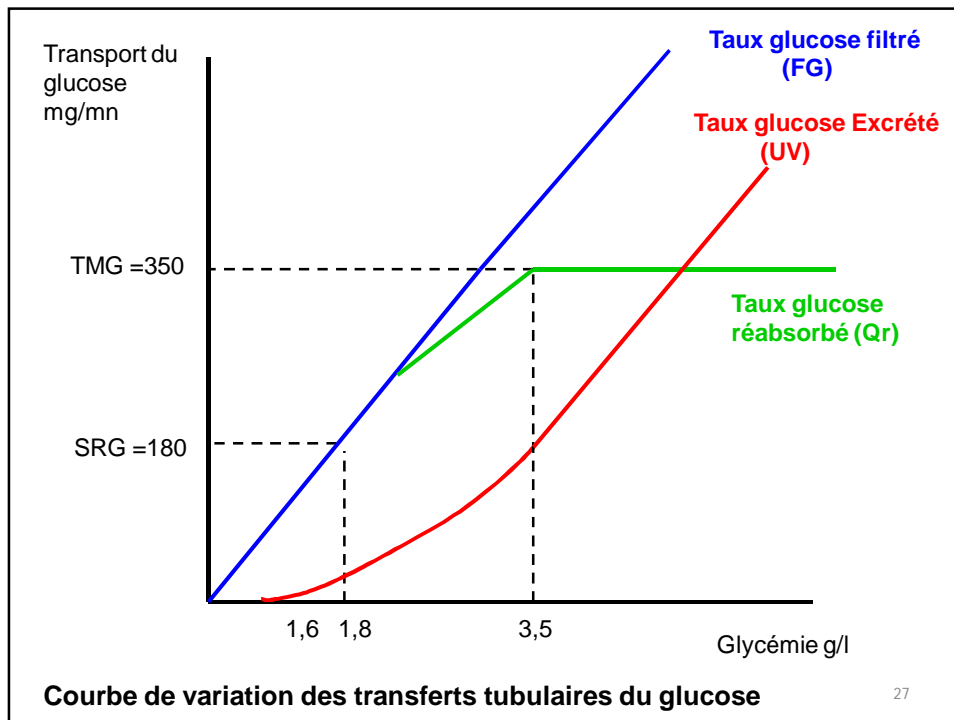
2. La réabsorption du glucose

- Transport secondairement actif
- Glut2 / SGT2
- Seuil rénal du Glucose = 1,60 à 1,80 g/l de glucose
- $T_m = 350 \text{ mg/mn}$

REIN Partie (2)

25





27

3. Réabsorption des acides aminés

- Faible poids moléculaire
- Filtrés à un taux de 01mg/mn
- Réabsorbés au niveau du TCP
- **Le TM des aminés est variable selon l'acide aminé ;**
- **chez le chien, le TM de l'arginine est de 04 mg/mn ce qui veut dire qu'il dépasse de loin la quantité filtrée par le rein**

REIN Partie (2)

28

4. Réabsorption de

- L'acide urique ,
 $Q_e = FG - Q_r + Q_s$ ou $FG = 700 \text{ mg/j}$
 $Q_r = 450 \text{ mg/j}$ et $Q_s = 250 \text{ mg/j}$
Colchicine
- Bicarbonates : 95 % réabsorbées ; équilibre acide base.

REIN Partie (2)

29

Taches

Est-ce que vous êtes capables de réaliser un schéma selon lequel vous illustrez toutes les forces qui permettent le passage des substances minérales ou organiques de l'interstitium vers le capillaire sanguin?

REIN Partie (2)

30

Plan

- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires
 - 1. de réabsorption
 - 2. de sécrétion
- IV. Rein et équilibre acido-basique
- V. Rein et équilibre phosphocalcique
- VI. Rein et équilibre potassique

PHYSIOLOGIE RENALE

Guedjati MR

Les objectifs

1. Identifier le mécanisme de la sécrétion tubulaire
2. Schématiser les courbes des transferts tubulaires du PAH
3. Identifier le rôle du PAH dans la mesure des débits plasmatique et sanguin rénaux
4. Identifier les systèmes tampons fermé et ouvert
5. Schématiser les mécanismes rénaux qui permettent la régulation du PH sanguin
6. Décrire le rôle dans l'équilibre potassique
7. Décrire le rôle dans l'équilibre phosphocalcique

Plan

- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires de réabsorption
- IV. Transferts tubulaires de sécrétion**
- V. Rein et équilibre acido-basique
- VI. Rein et équilibre phosphocalcique
- VII. Rein et équilibre du potassium

Rein Partie 3

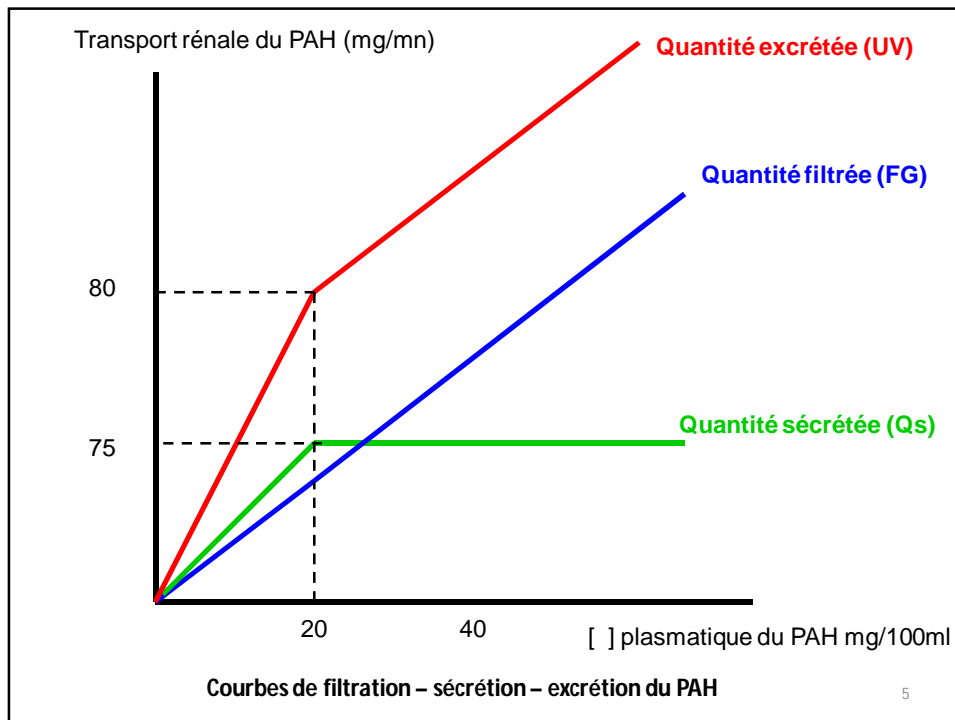
3

IV. Transferts de sécrétion tubulaire

- Acide para-amino-hippurique (PAH)
- Substance d'étude
- Débit **plasmaticque** rénale
- Débit **sanguin** rénal

Rein Partie 3

4



- $[PAH]_p < 20 \text{ mg}/100\text{ml}$:

$$UV = FG + QS$$

$$QS = (\pm 9\%)$$

- $[PAH]_p > 20 \text{ mg}/100\text{ml}$:

$$UV = FG + QS^*$$

$$QS^* = T_m = 75 \text{ mg}/\text{mn}/1,73\text{m}^2$$

PAH et débit plasmatique rénal (DPR)

- Le PAH *totalemment filtré et éliminé par le rein* à **91 %**.
- **Débit plasmatique rénal = 585 ml/mn**
(pour 91 %)

Rein Partie 3

7

En tenant compte des 91 % éliminés, corrigés par rapport à 100 %.

$$\text{DPR corrigé} = \frac{585 \times 100}{91}$$

$$\text{DPR corrigé} = 642 \text{ ml/mn}$$

Rein Partie 3

8

PAH et débit sanguin rénal

Le débit sanguin total rénal pourrait être ainsi calculé en faisant la soustraction de l'hématocrite (espace sanguin occupé par les éléments cellulaires du sang)

L'hématocrite normal = 45 %

$$\text{DSR} = 642 \times 100 / 55$$

$$\text{DSR} = 1167 \text{ ml/ mn.}$$

Rein Partie 3

9

V. Rein et équilibre acide – base

- Substance organique + O₂ → E + CO₂ + H₂O
- CO₂ + H₂O ⇌ H₂CO₃ ⇌ (H⁺) + (HCO₃⁻)
- 4 . 10⁻⁸ Eq/l sont produites
- Variations : 1,6 . 10⁻⁸ Eq/l et 1,2 . 10⁻⁷Eq/l
- Ces variations sont mal cernées dans la pratique courante médicale;

Rein Partie 3

10

Formule de Henderssen Hasselbalck

$$\text{PH} = \text{PK} + \text{Log} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

PK : Constante de dissociation

PH Normal = 7,40 ± 0,02

Rein Partie 3

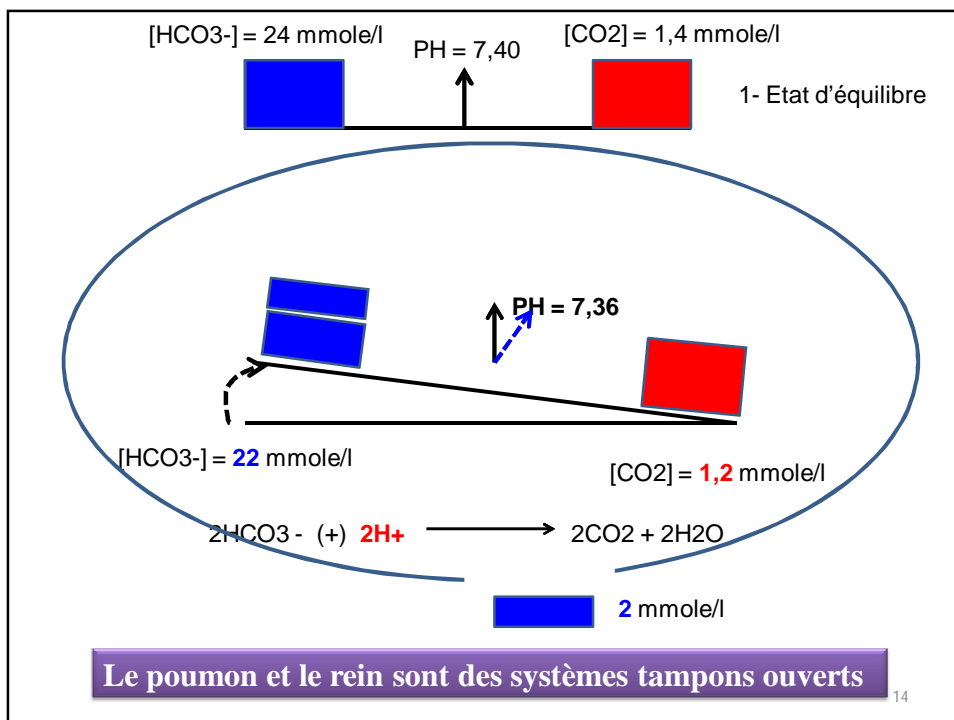
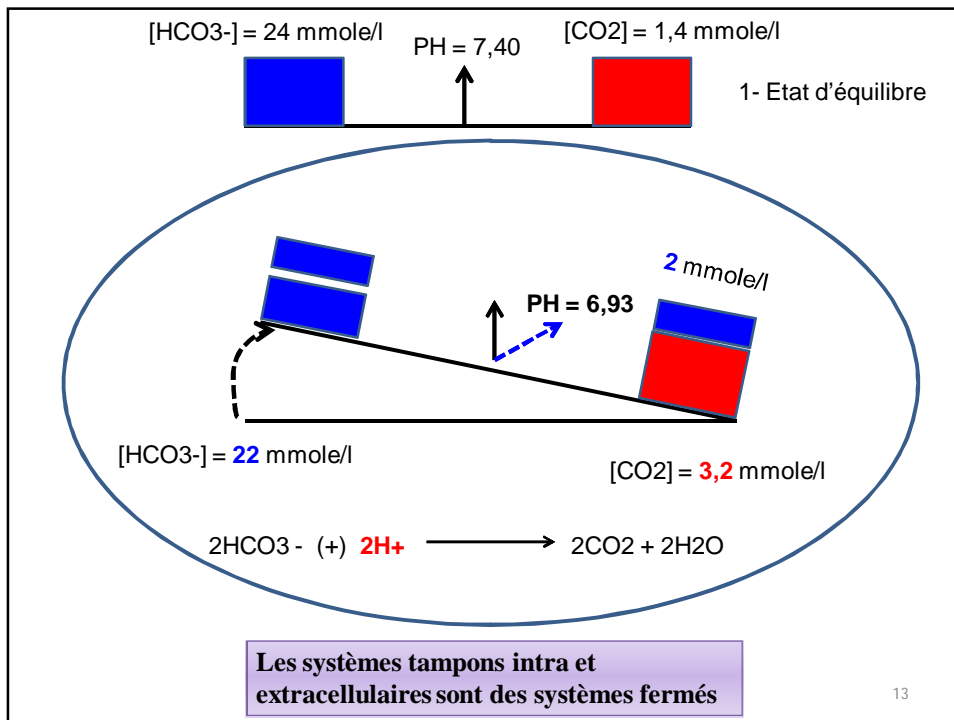
11

Trois mécanismes permettent à l'organisme de maintenir ce PH normal:

- 1- Systèmes tampons du sang
- 2- Poumon
- 3- Rein

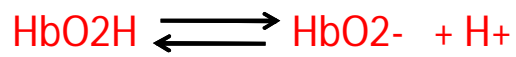
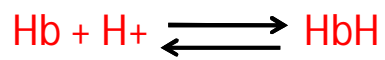
Rein Partie 3

12



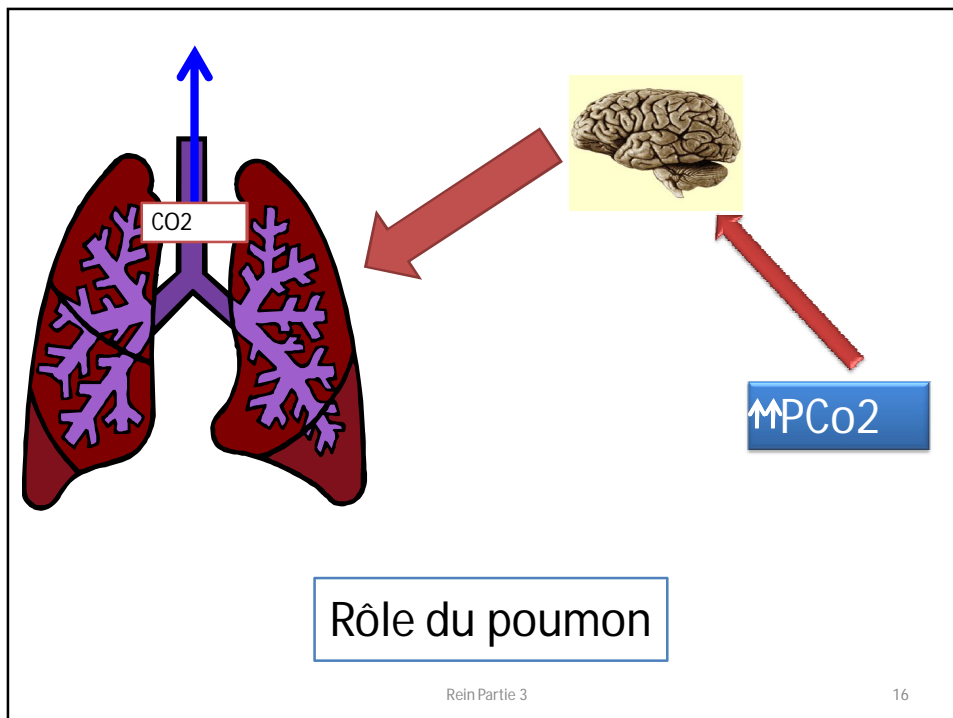
Les systèmes tampons fermés

- 53 % : CO₂/HCO₃⁻
- 47 % : Tampons non bicarbonatés, protéines, essentiellement l'Hémoglobine



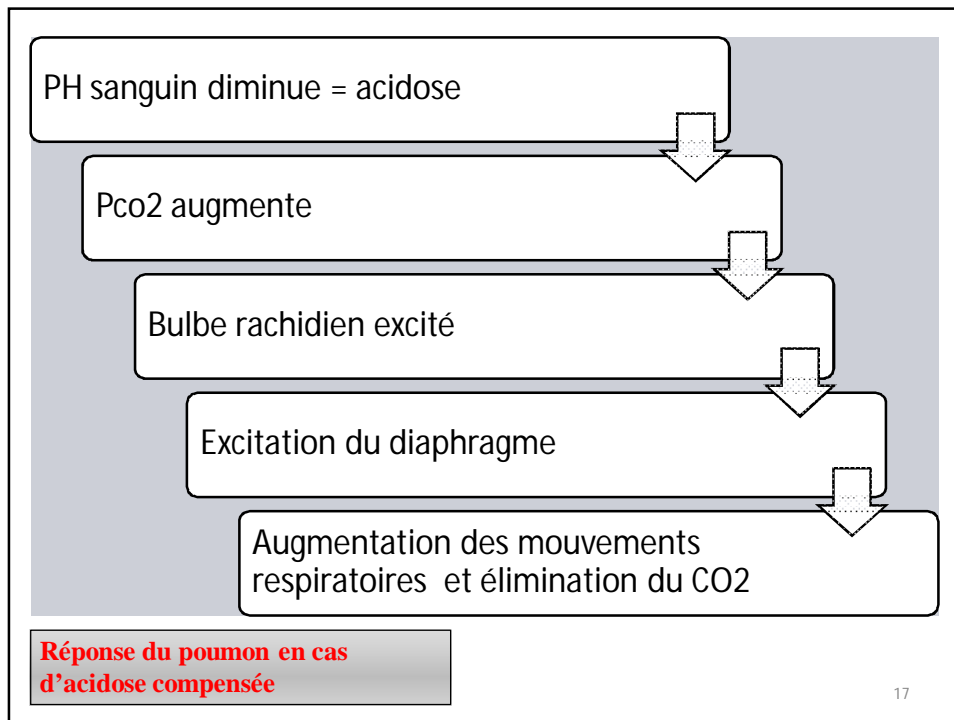
Rein Partie 3

15

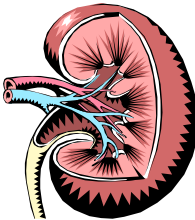


Rein Partie 3

16



Rôle du

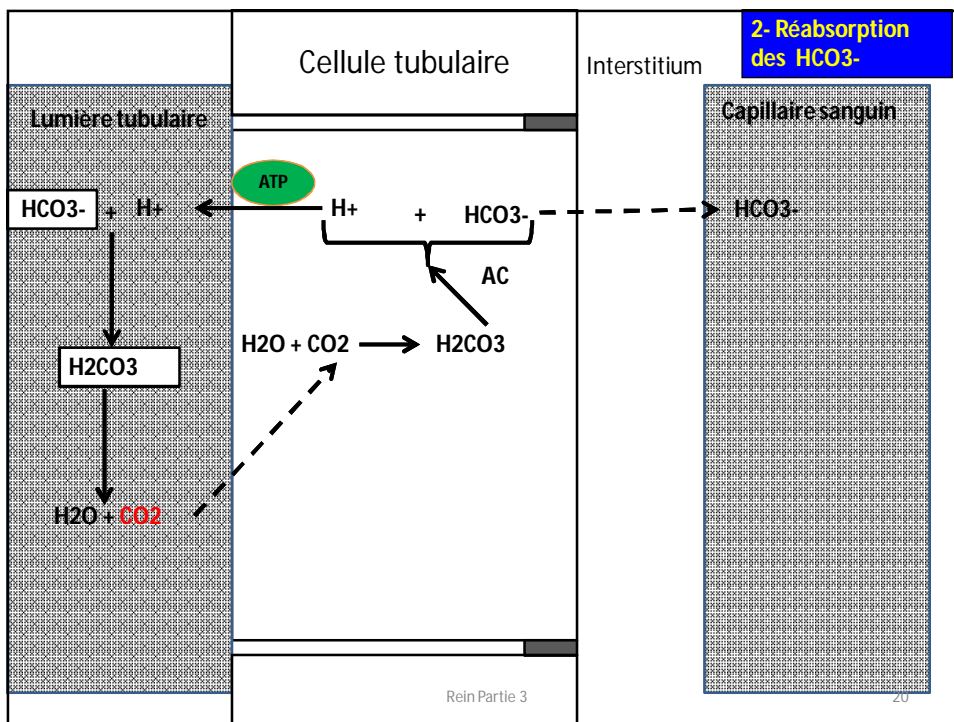
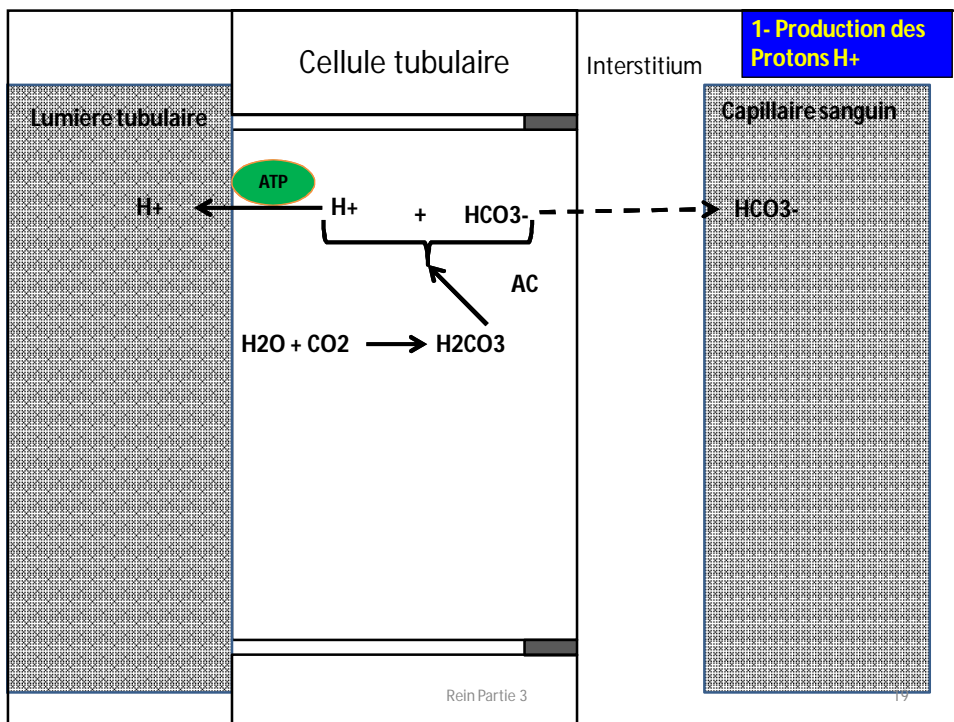


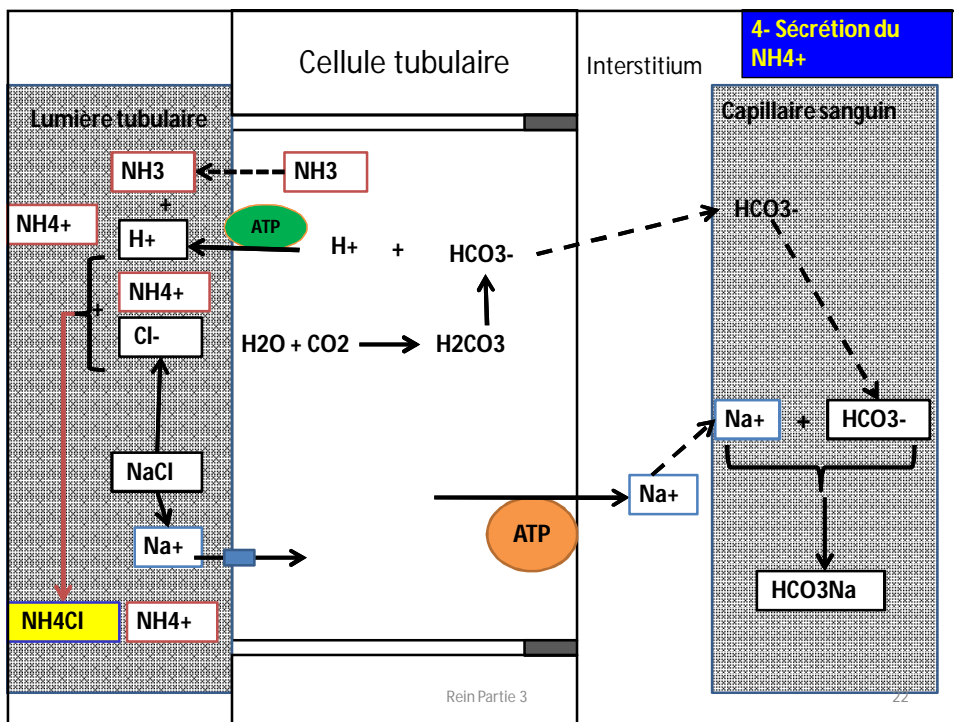
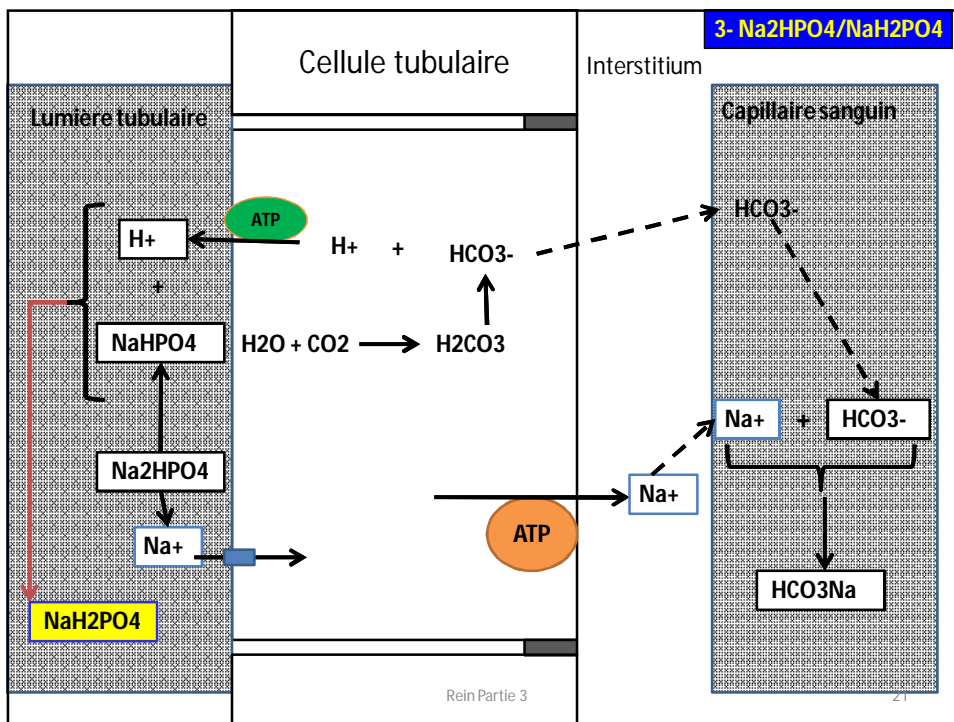
Quatre mécanismes

1. Sécrétion des protons H⁺
2. Réabsorption des HCO₃⁻
3. Phosphates mono / di-sodique
4. Production sécrétion du NH₄⁺

Rein Partie 3

18





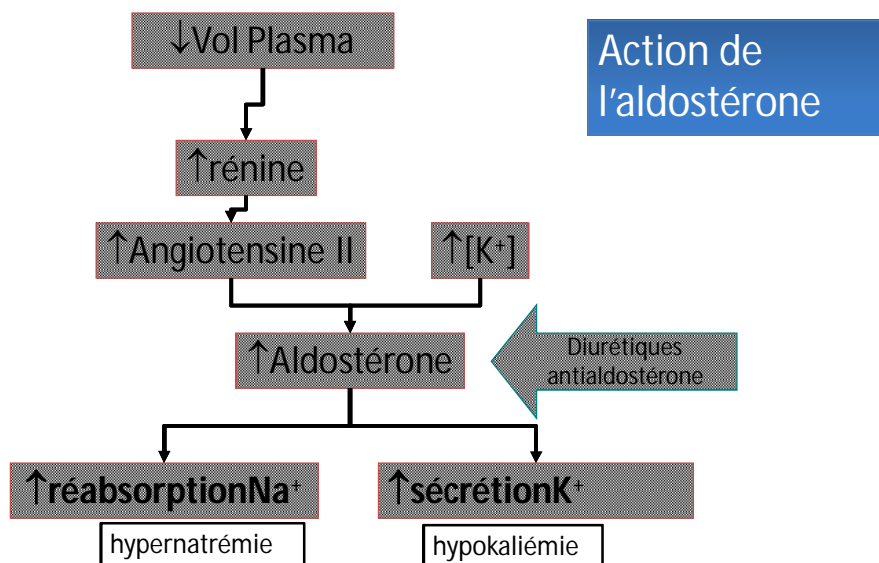
Plan

- I. Introduction
- II. Filtration glomérulaire
- III. Transferts tubulaires de réabsorption
- IV. Transferts tubulaires de sécrétion
- V. Rein et équilibre acido-basique
- VI. rein et équilibre potassique
- VII. Rein et équilibre phosphocalcique

Rein Partie 3

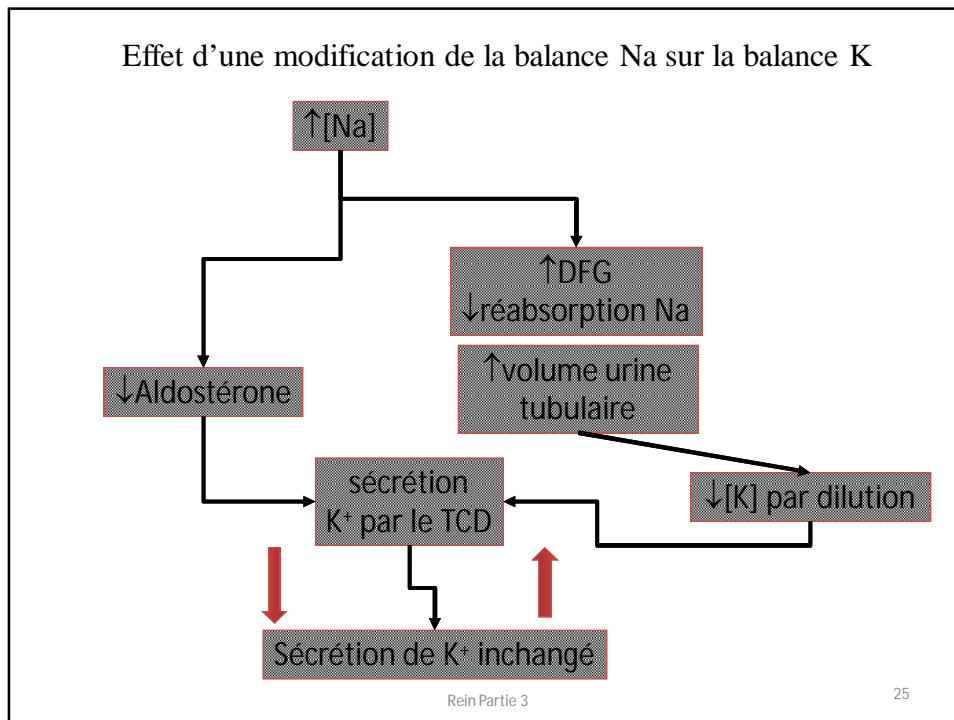
23

VI. Régulation de la balance potassique



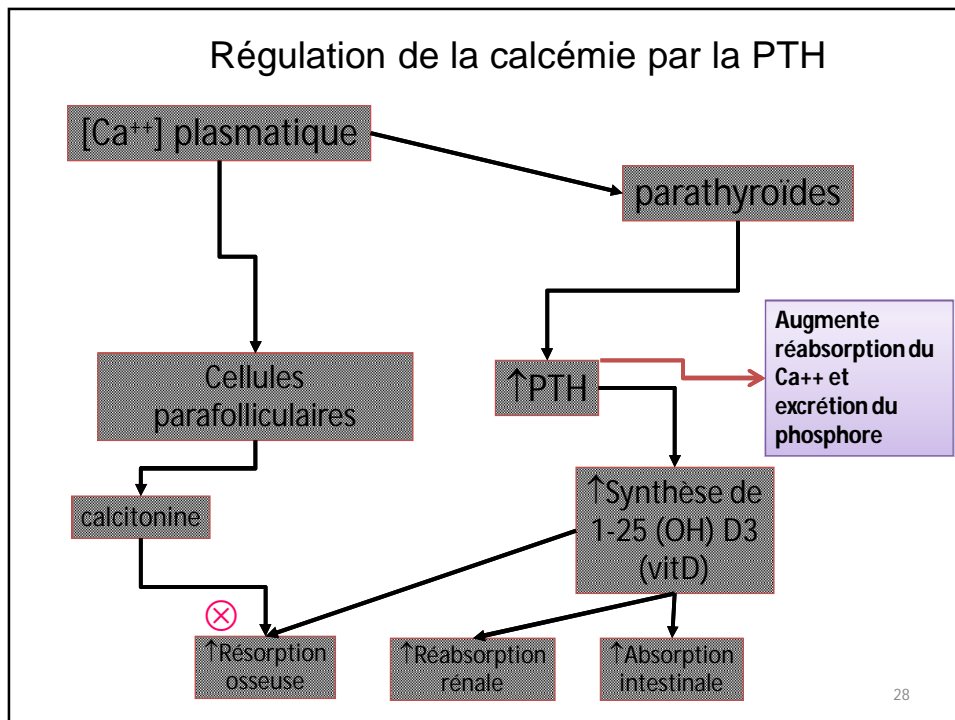
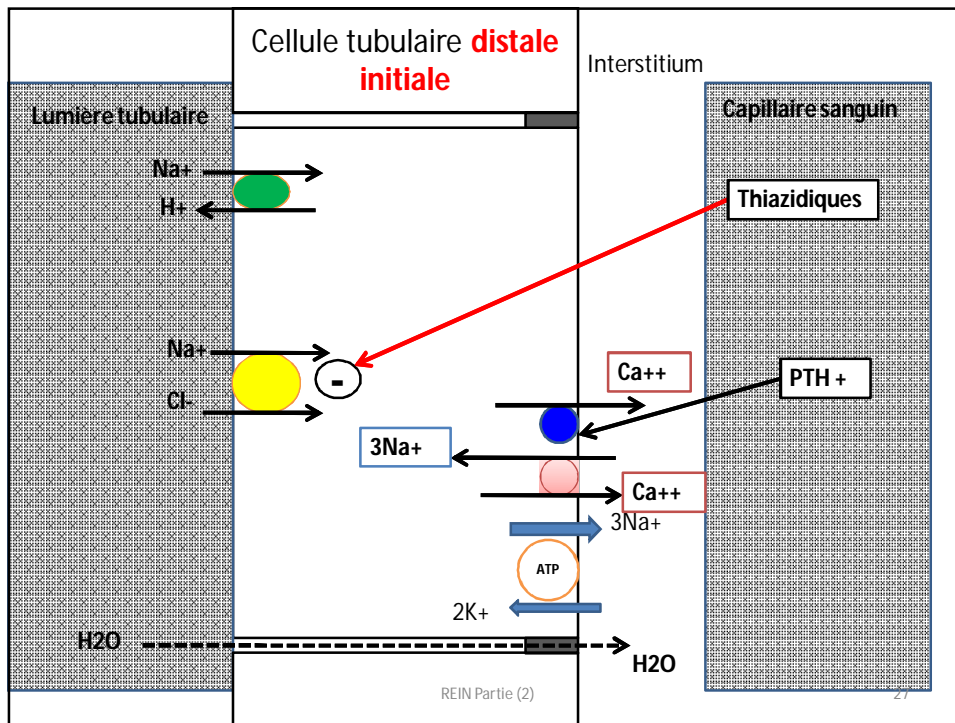
Rein Partie 3

24



VII. Rein et métabolisme phosphocalcique

- 60% filtré (40% lié aux protéines non filtrées)
- réabsorbé
 - TCP : 60%, passif, lié au Na
 - Branche ascendante, TCD et TC : 37-39%, actif
 - Actions hormonales



Tâche

Quelles sont les conséquences d'une défaillance de la FG sur les équilibres potassique, acido-basique et calcique?