

*UE3-2 - Physiologie rénale*

Chapitre 6 :

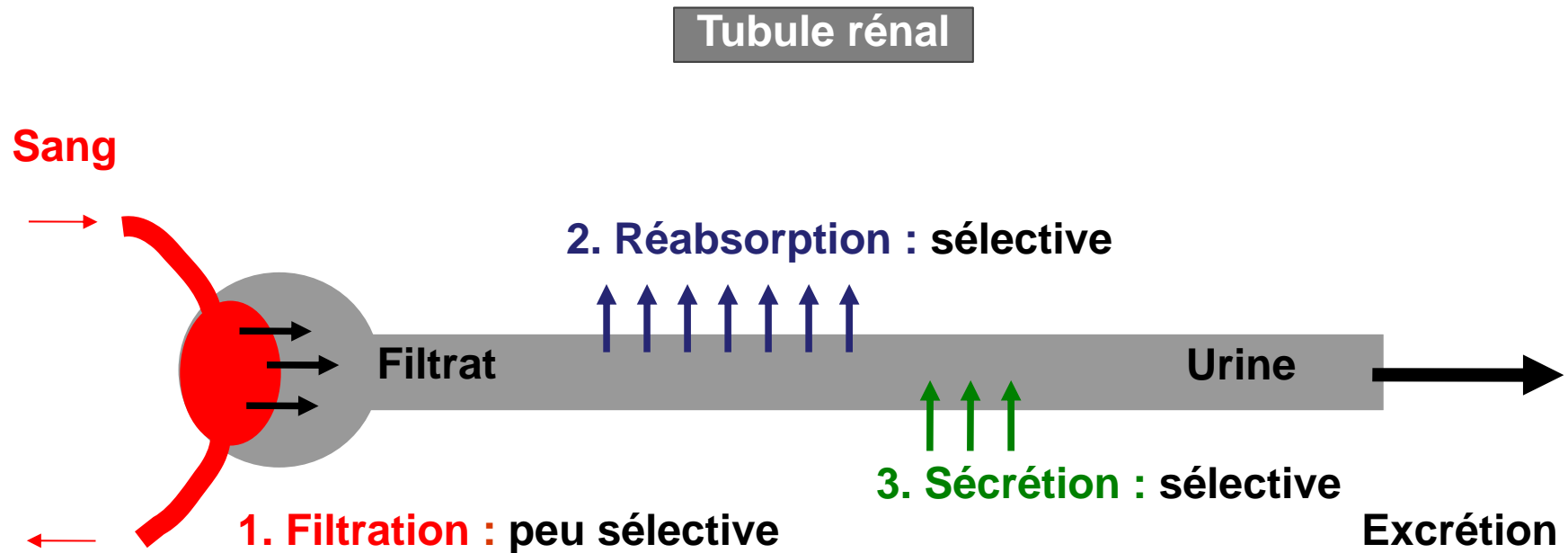
# Réabsorption et sécrétion tubulaires

Professeur Diane GODIN-RIBUOT

Année universitaire 2011/2012

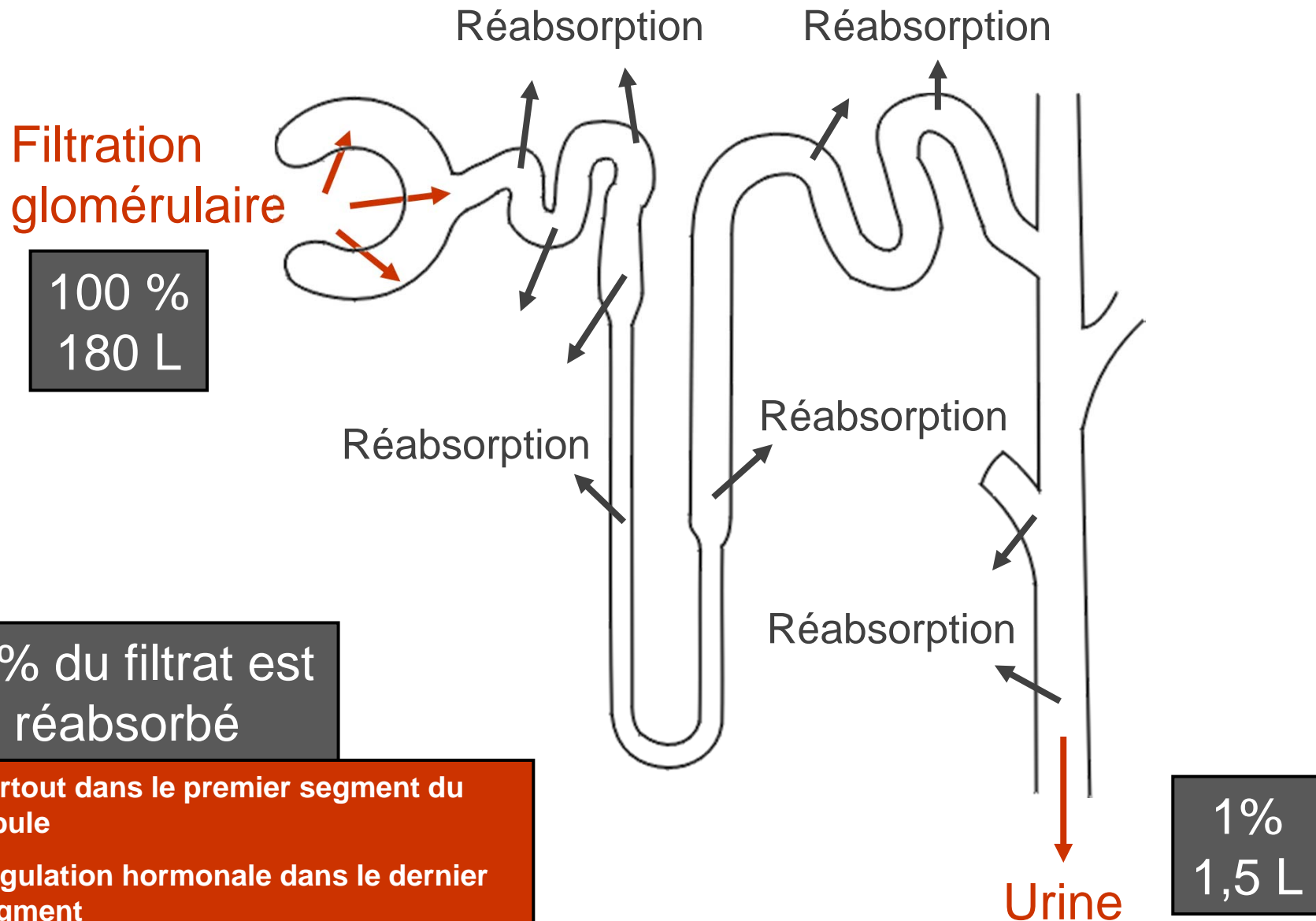
Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# La fonction rénale



Quantité excrétée = quantité filtrée – quantité réabsorbée + quantité sécrétée

# La réabsorption tubulaire



# La réabsorption est sélective

SUBSTANCES CHIMIQUES *	PLASMA	FILTRAT (juste après la capsule de bowman)	SUBSTANCES RÉABSORBÉES DU FILTRAT	URINE
Eau	900 litres	180 litres	~ 178,5 litres	~ 1,5 litre
Protéines	7000 à 9000	10 à 20	10 à 20	0
Glucose	180	180	180	0
Chlore (Cl <sup>-</sup> )	630	630	625	5
Sodium (Na <sup>+</sup> )	540	540	537	3
Bicarbonates	300	300	299,7	0,3
Potassium (K <sup>+</sup> )	28	28	24	4
Urée	53	53	28	25
Créatinine	1,5	1,5	0	1,5

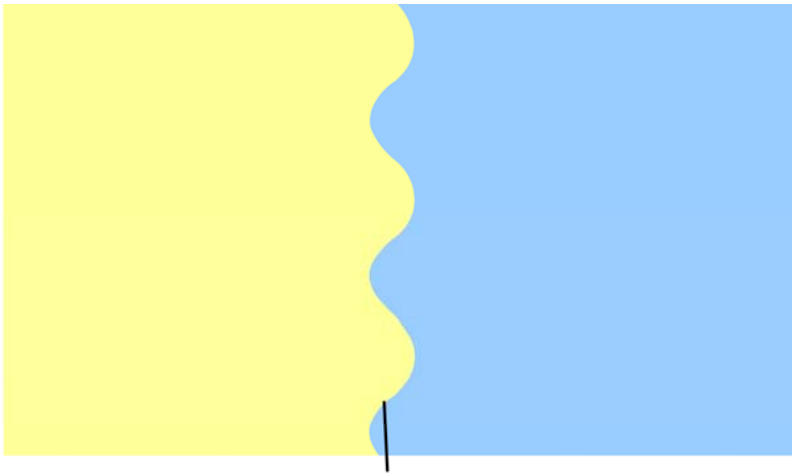
\* quantités de solutés en g/L

# Les mécanismes de réabsorption

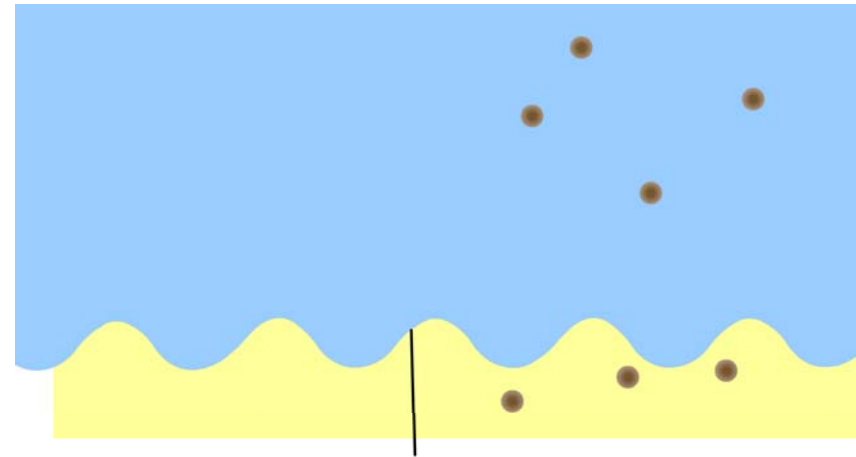
## Mouvements passifs

- **Diffusion**: selon un gradient de concentration ou électrique
- **Convection**: entraînement par un liquide proportionnellement à la pression (hydrostatique ou osmotique) d'attraction de ce liquide

**Diffusion**



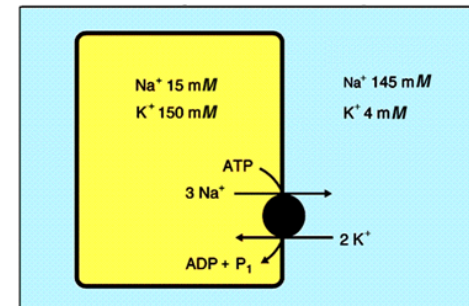
**Convection**



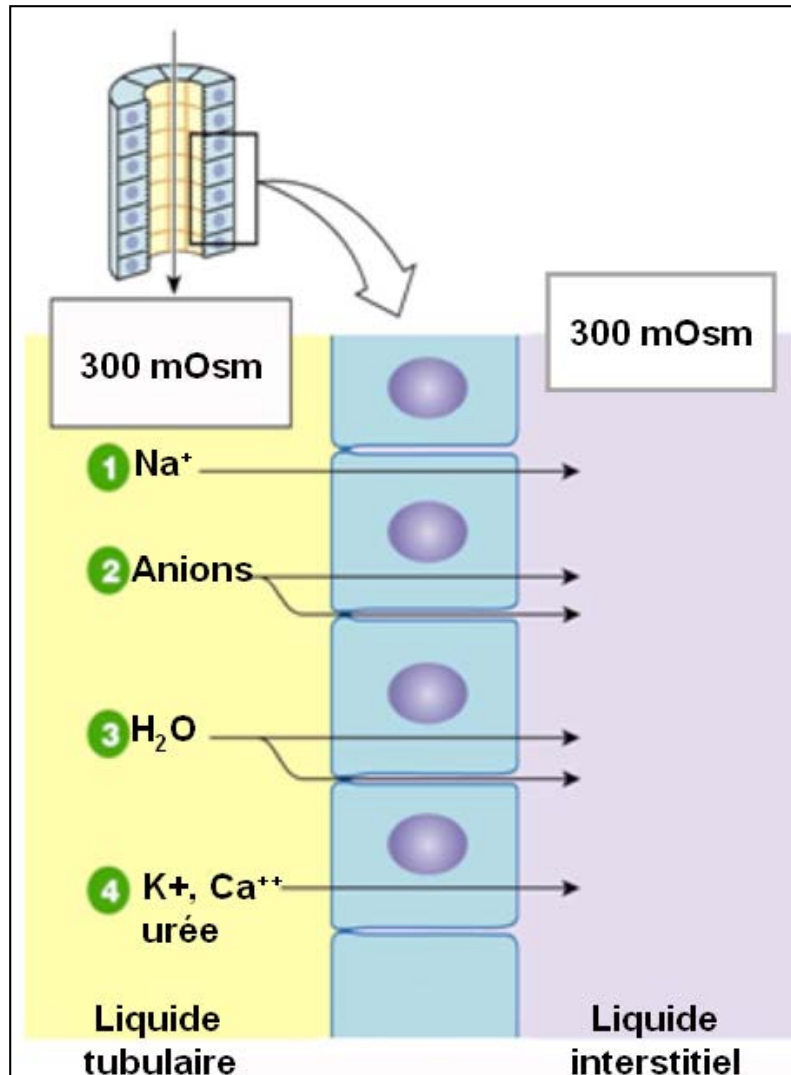
# Les mécanismes de réabsorption

## Transport actif

- Mouvement d'une substance **contre** son gradient de concentration
  - Nécessite de l'énergie
  - Unidirectionnel
  - Limité par le nombre de transporteurs
- **Transport actif primaire : direct**  
ex. pompe  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  ATPase
- **Transport actif secondaire : indirect**  
ex. transport du glucose

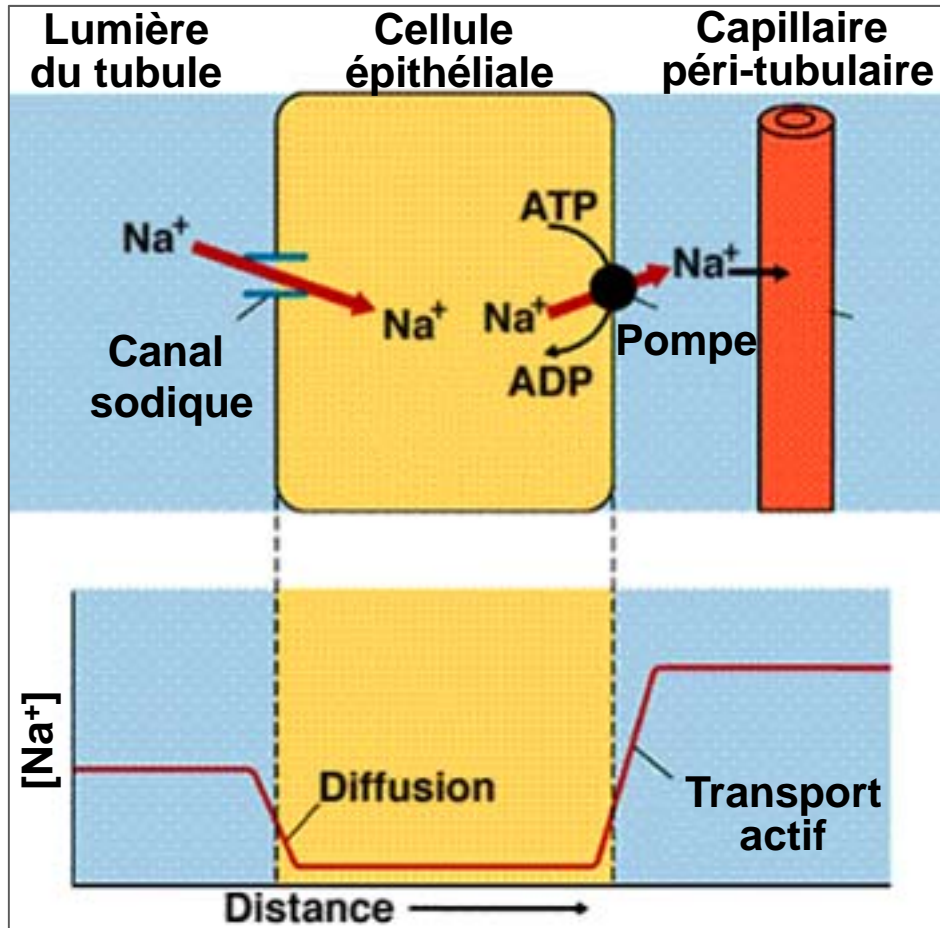


# Les mécanismes de réabsorption

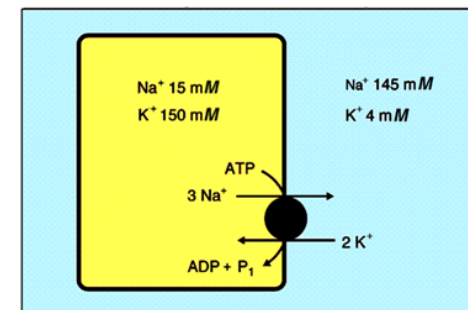


- 1 : **Transport actif du Na<sup>+</sup>** : gradient électrique transépithélial
- 2 : **Attraction des anions**
- 3 : **L'eau** suit les solutés réabsorbés par **osmose**
- 4 : **Augmentation de la concentration** des solutés dans le tubule : réabsorption par **simple diffusion**

# Transport actif du sodium



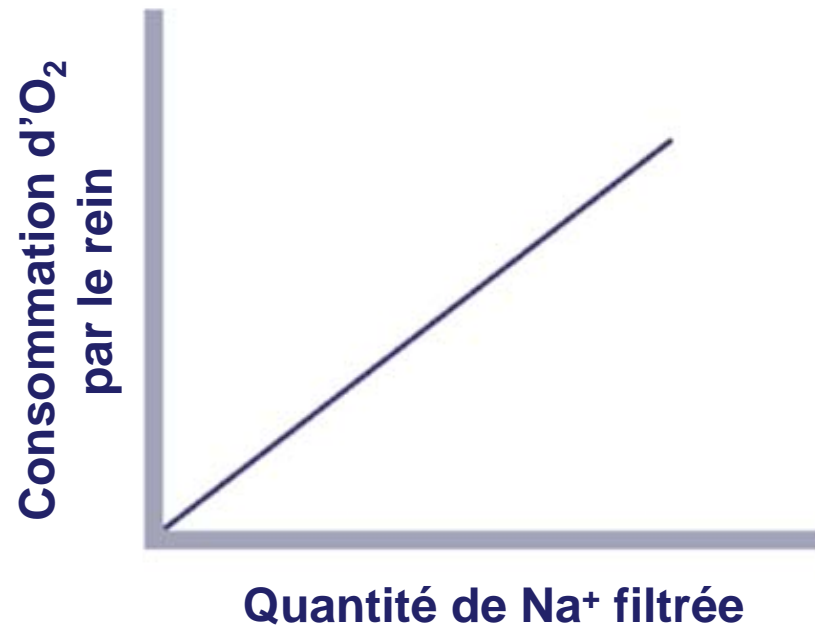
- Transport actif du  $\text{Na}^+$  : principale force motrice dans **tous** les segments du tubule rénal
- Canaux sodiques, symports et antiports du côté apical
- Pompe  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  ATPase du côté basolatéral





# Réabsorption du sodium

Transport actif



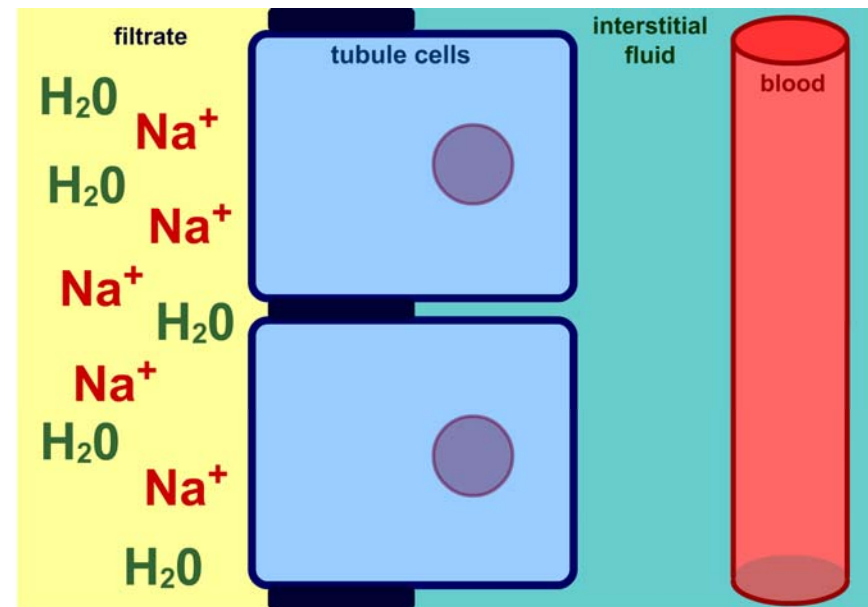
## Nécessite de l'énergie

Contrôle très précis: des petites variations de l'excrétion du sodium peuvent entraîner de grandes variations dans le volume urinaire

# Réabsorption passive

## Réabsorption obligatoire de l'eau

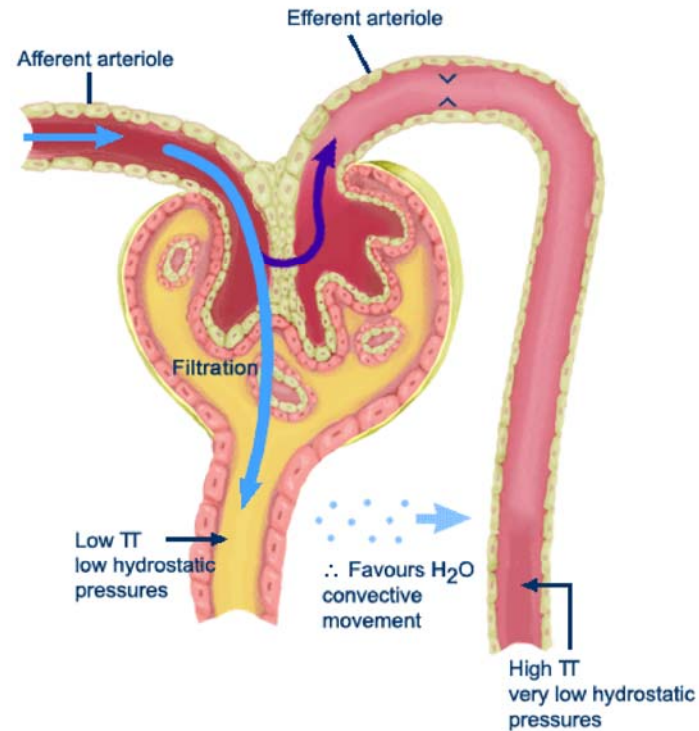
- Réabsorption par transport actif du  $\text{Na}^+$
- Hypertonie du liquide interstitiel
- L'eau se déplace par **osmose**
- Réabsorption passive mais très rapide
- Lorsque la membrane tubulaire est perméable à l'eau, les échanges sont **iso-osmotiques**



L'eau suit le sodium

# Réabsorption passive

## Réabsorption obligatoire de l'eau



[Click here to animate](#)

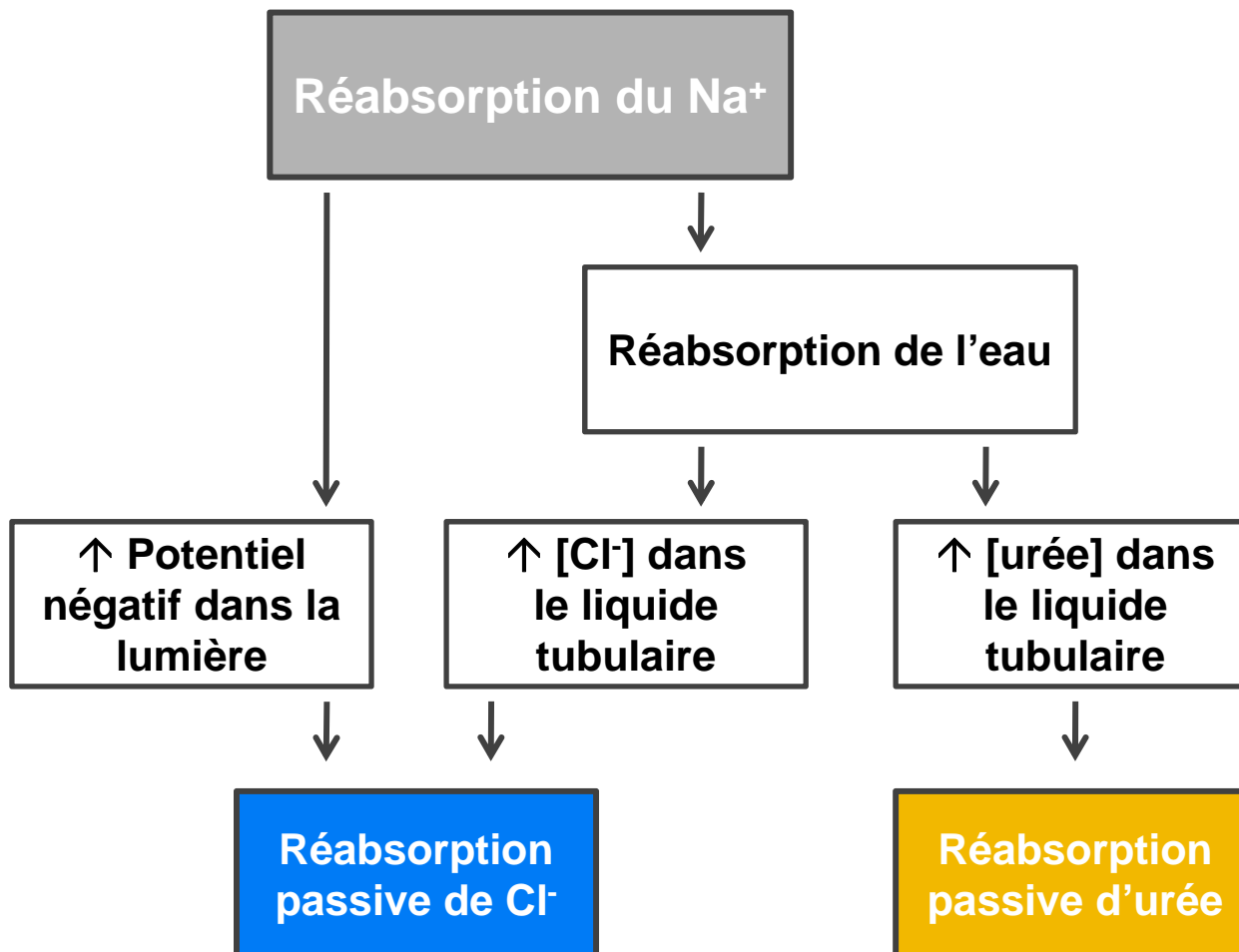
**TUBULE CONTOURNE PROXIMAL**  
Faible pression osmotique  $\Pi$   
Faible pression hydrostatique



**CAPILLAIRES PERI-TUBULAIRES**  
Forte pression osmotique  $\Pi$   
Très faible pression hydrostatique

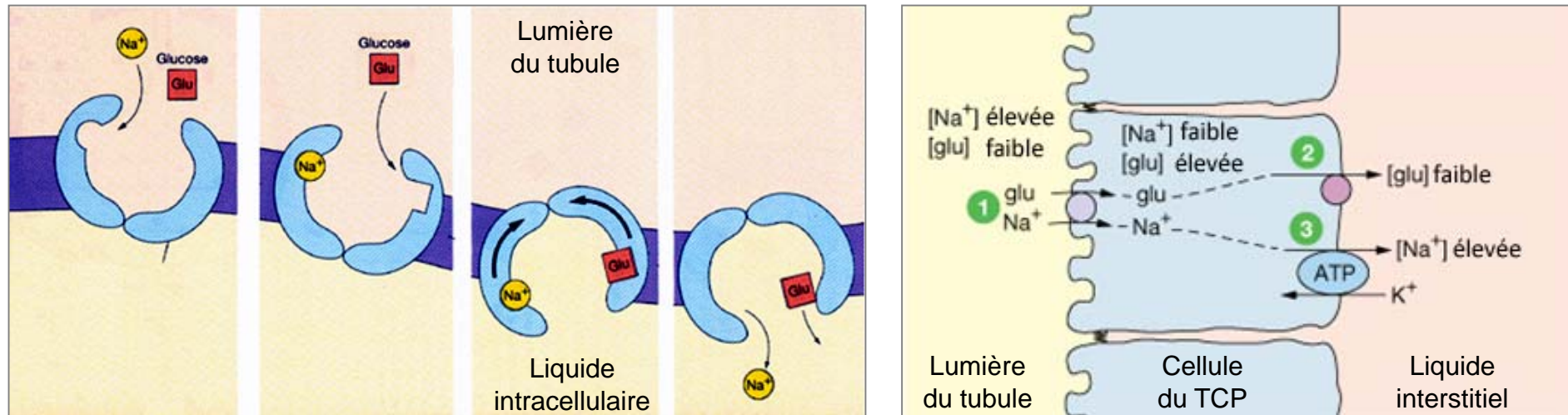
# Réabsorption passive

## Exemple du chlore et de l'urée



# Transport actif secondaire

## Exemple du glucose



Aussi pour les **acides aminés, lactate, phosphates, vitamines**

Grâce à ce mécanisme, l'impulsion de la diffusion d'un soluté **contre son gradient de concentration** vient du **gradient de  $\text{Na}^+$**  instauré par la pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  au niveau de la membrane basolatérale.

# Les mécanismes de transport actif sont saturables

## Taux maximal de réabsorption ( $T_m$ )

En général, limite = nombre de transporteurs actifs

Exemple du glucose

$$T_m = 2 \text{ mmol / min}$$

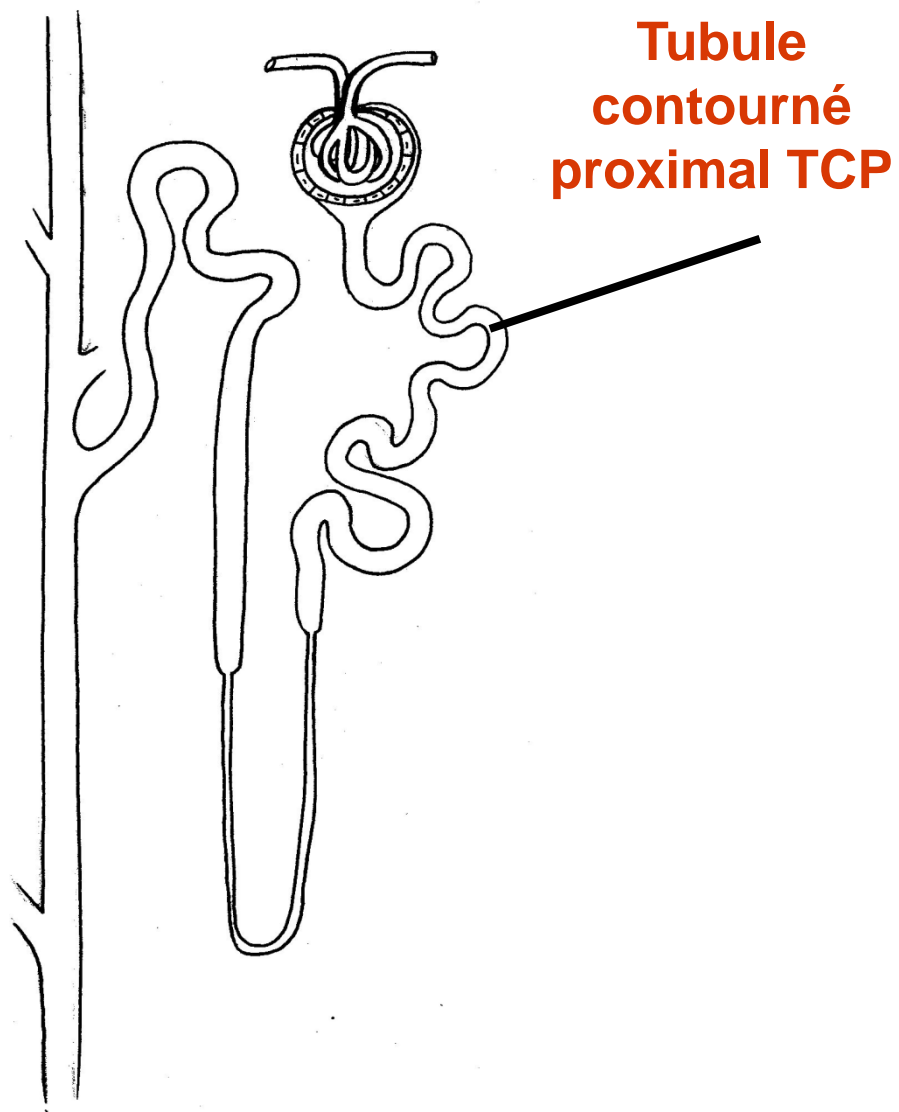
Si le taux de glucose du sang dont la normale est entre 3 et 6 mmol / L dépasse 16 mmol / L\*, le  $T_m$  du glucose est alors dépassé et le glucose qui n'a pas été réabsorbé se retrouve dans l'urine

= glycosurie

\* En réalité le seuil est de **10 mmol / L** pour des raisons complexes que nous n'aborderons pas ici

# Sécrétion tubulaire

- **Transporteurs spécifiques**
- Mécanisme actif : transport contre le gradient de concentration
- Permet d'augmenter l'excrétion d'une substance : par rapport à la filtration sans réabsorption
- Sécrétion de **déchets** métaboliques et de xénobiotiques :
  - Elimination de déchets réabsorbés passivement comme l'acide urique
  - Problème de la pénicilline
- Importante pour la **régulation de l'homéostasie** : **H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>**

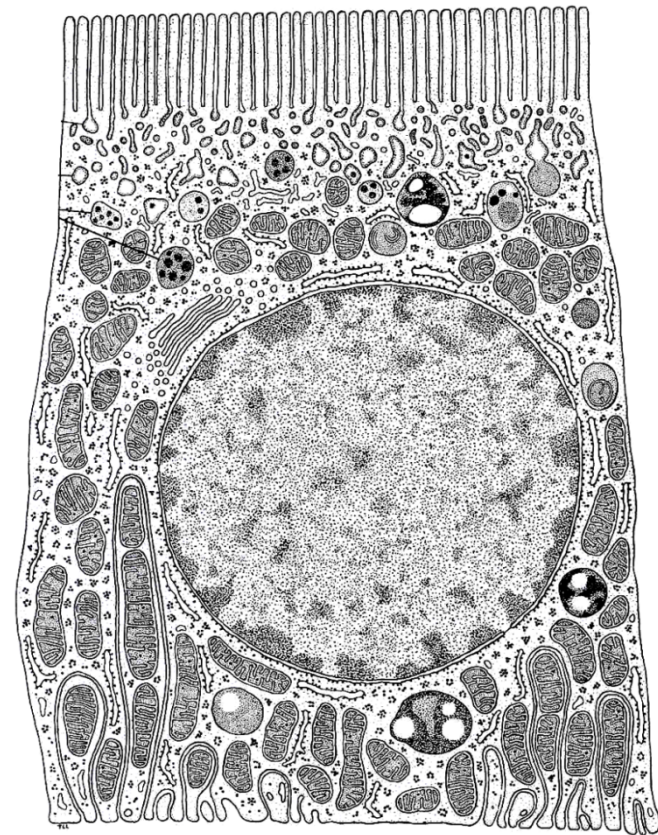
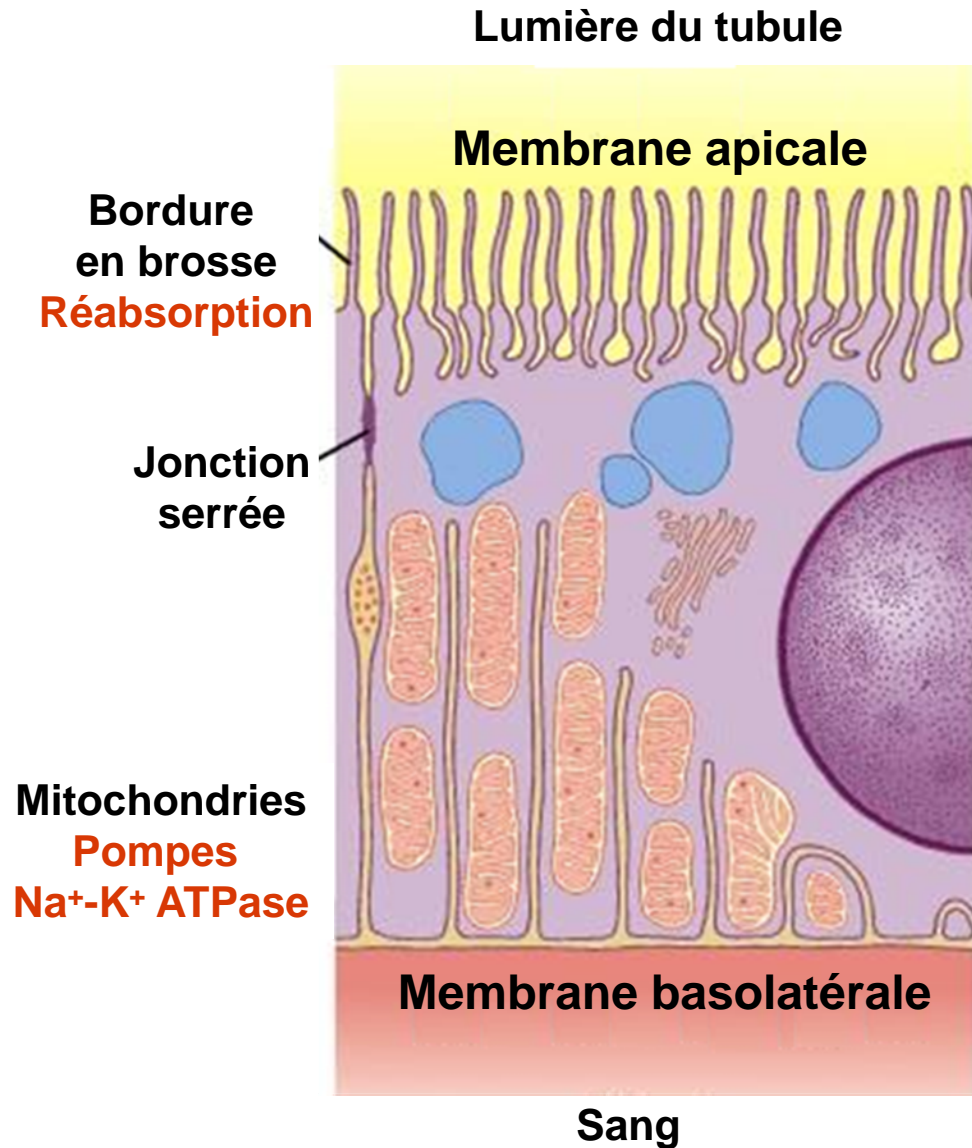


**Tubule  
contourné  
proximal TCP**

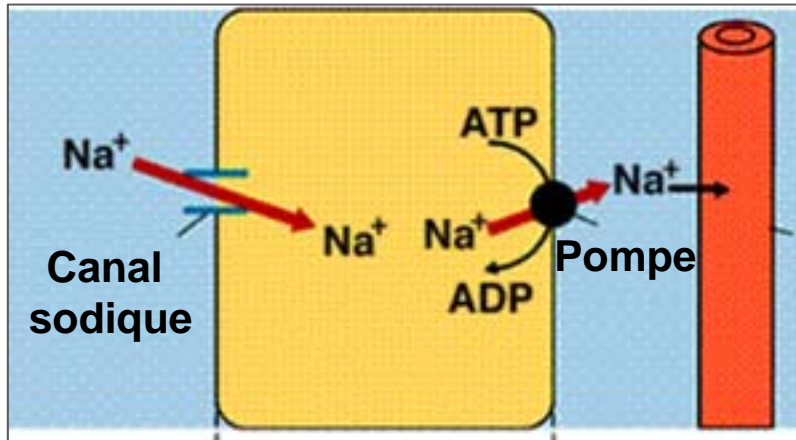


# Le tubule contourné proximal (TCP)

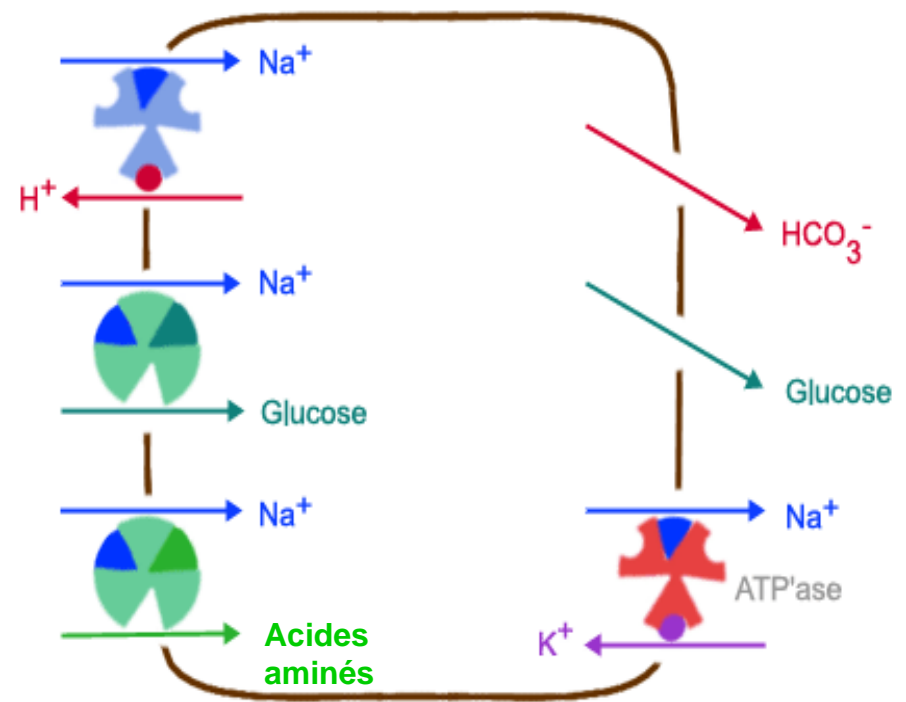
## Histologie fonctionnelle



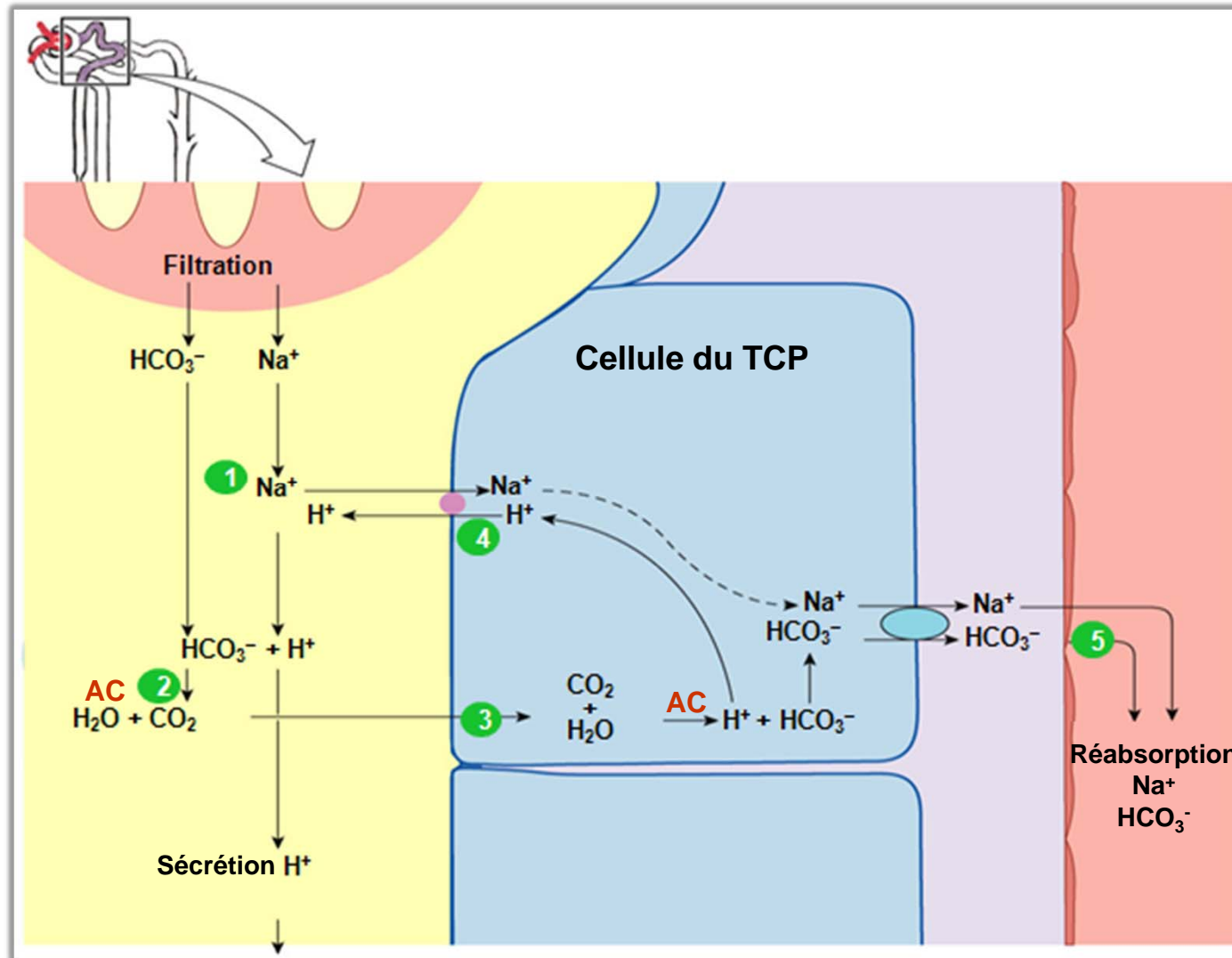
# Réabsorption dans le TCP



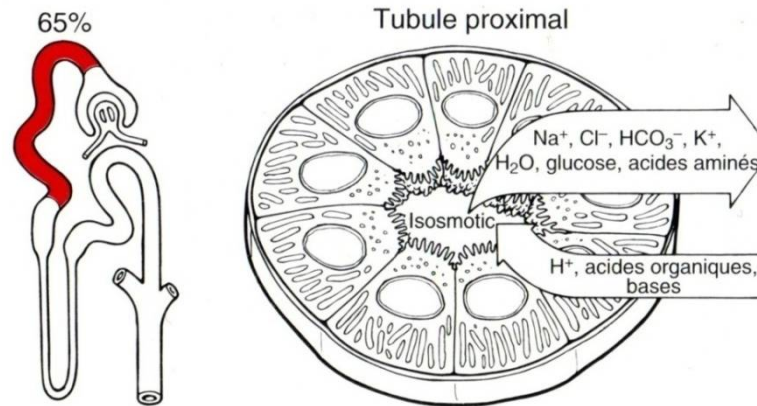
**65% du sodium  
et de l'eau  
très rapidement réabsorbés**



# Sécrétion des protons et réabsorption de $\text{Na}^+$ et de bicarbonates



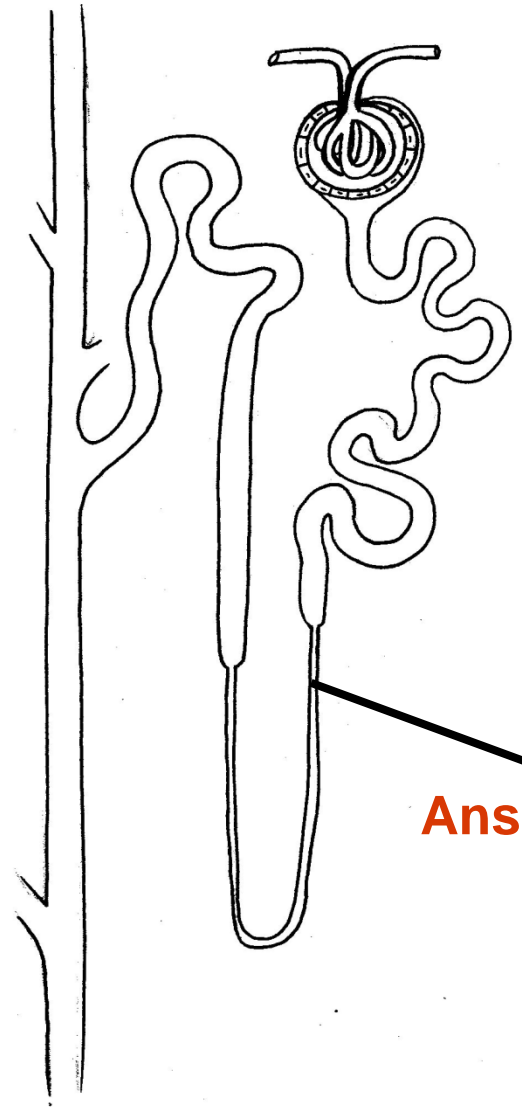
# En résumé



## Le TCP est le plus actif de tous les segments du néphron

- **65 % du sodium, de l'eau** (réabsorption iso-osmotique obligatoire) **et du potassium**
- **50% du chlore**
- **100% du glucose, des acides aminés, des lactates et des vitamines**
- **90% des bicarbonates** en échange avec des **protons** : rôle dans l' **équilibre acido-basique**

À la fin du TCP, il reste **40 ml** sur les **125 ml** de liquide filtrés par minute

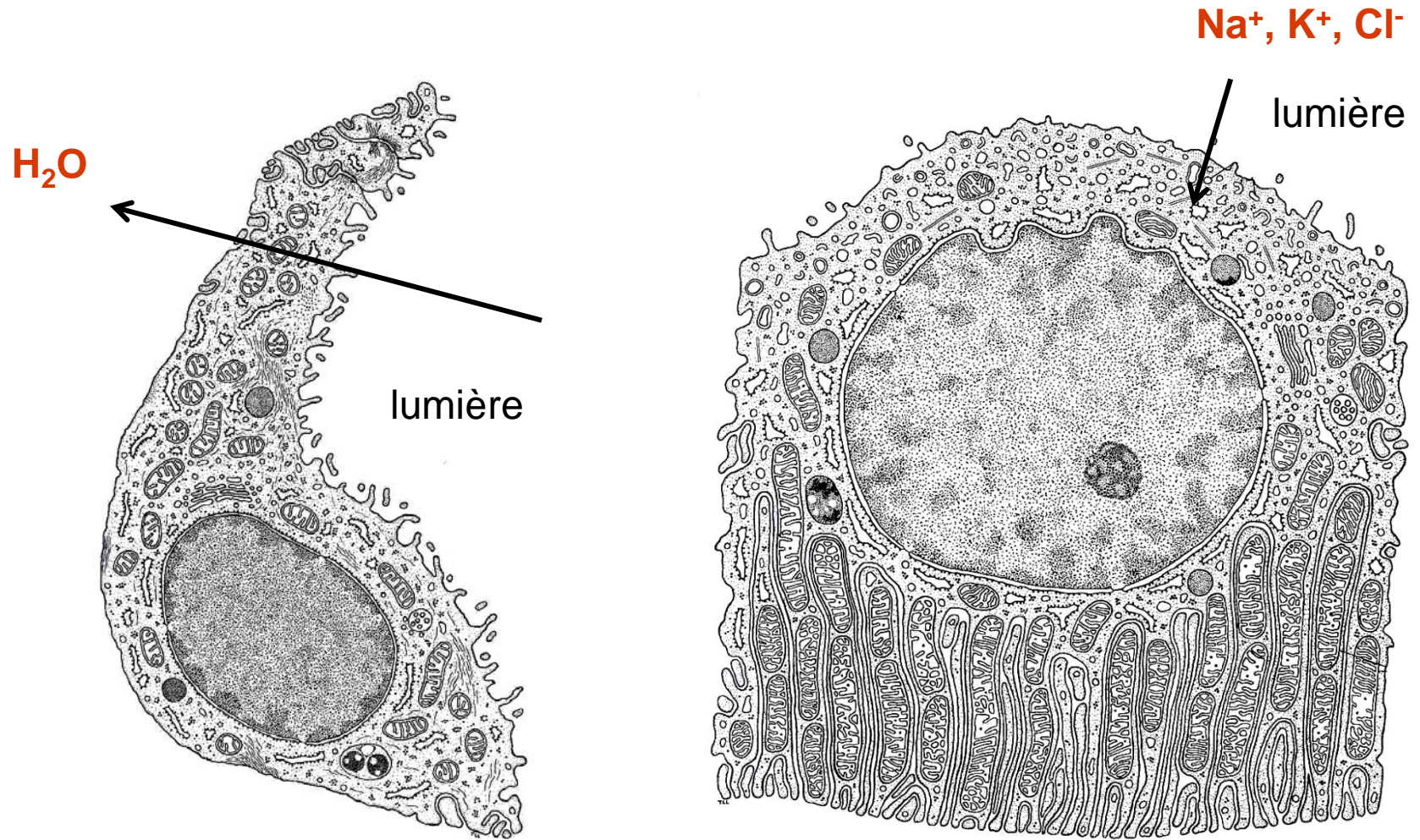


**Anse de Henlé**



# L'anse de Henlé

## Histologie fonctionnelle

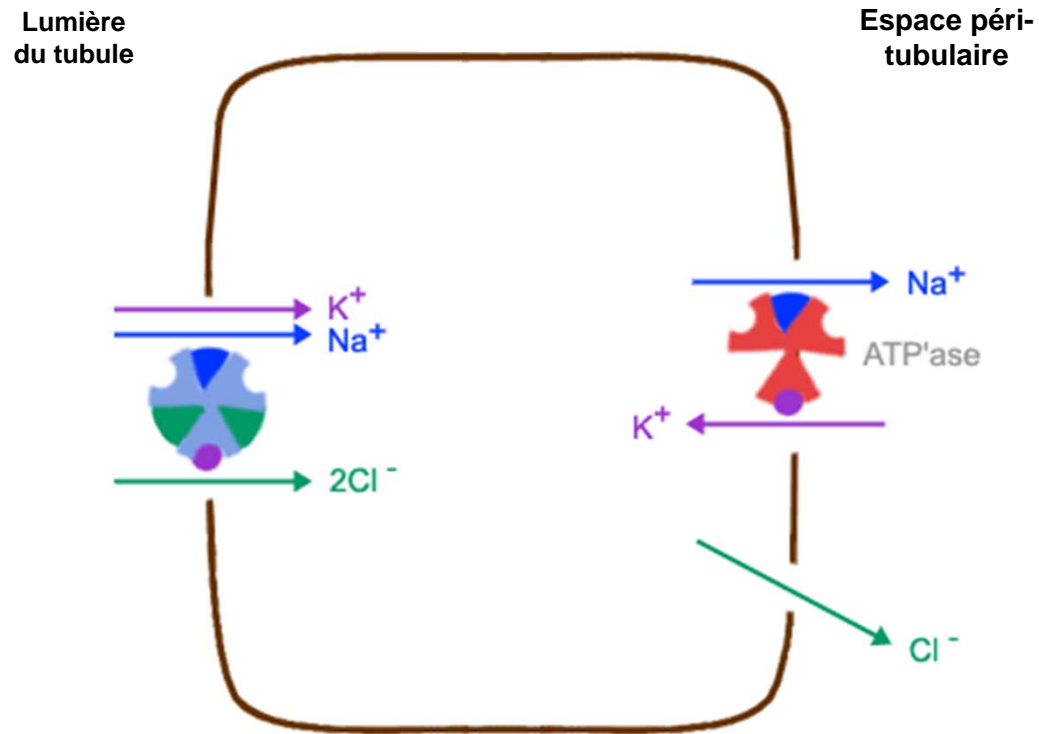


**Branche descendante fine**

**Branche ascendante large**

# Anse de Henlé

Transport actif du NaCl dans la partie ascendante

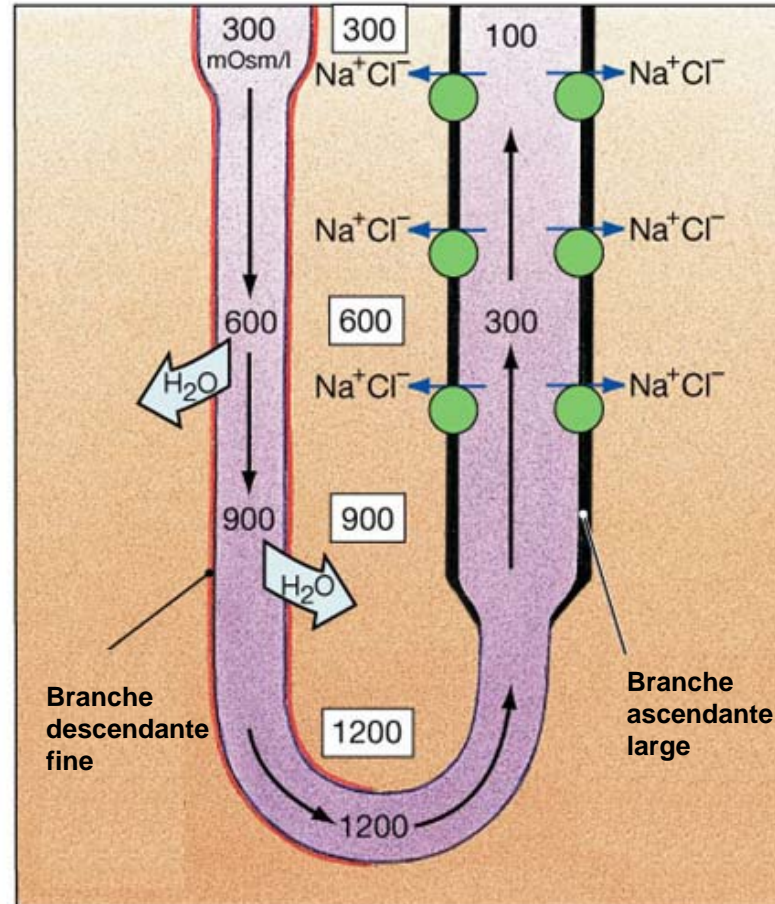


# Réabsorption dans l'anse de Henlé

## Gradient d'osmolarité médullaire

**Gradient créé par les différences de perméabilité des deux branches**

- **Branche descendante fine :**  
perméable à l'eau, imperméable au NaCl  
**Augmentation de l'osmolarité**
- **Branche ascendante large :**  
impermeable à l'eau, perméable au NaCl  
**Diminution de l'osmolarité**



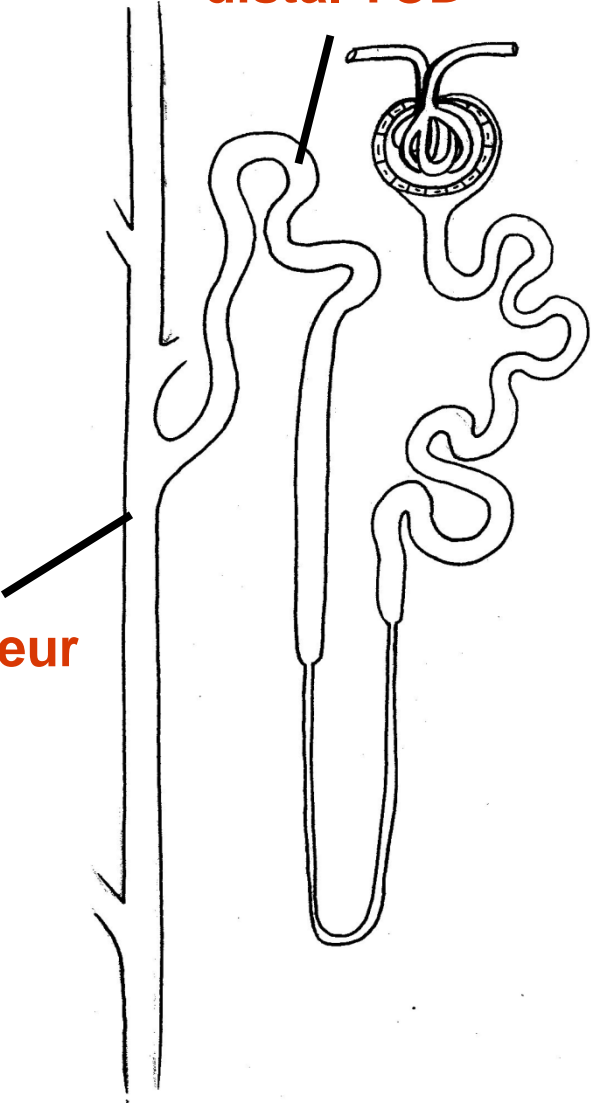


# En résumé

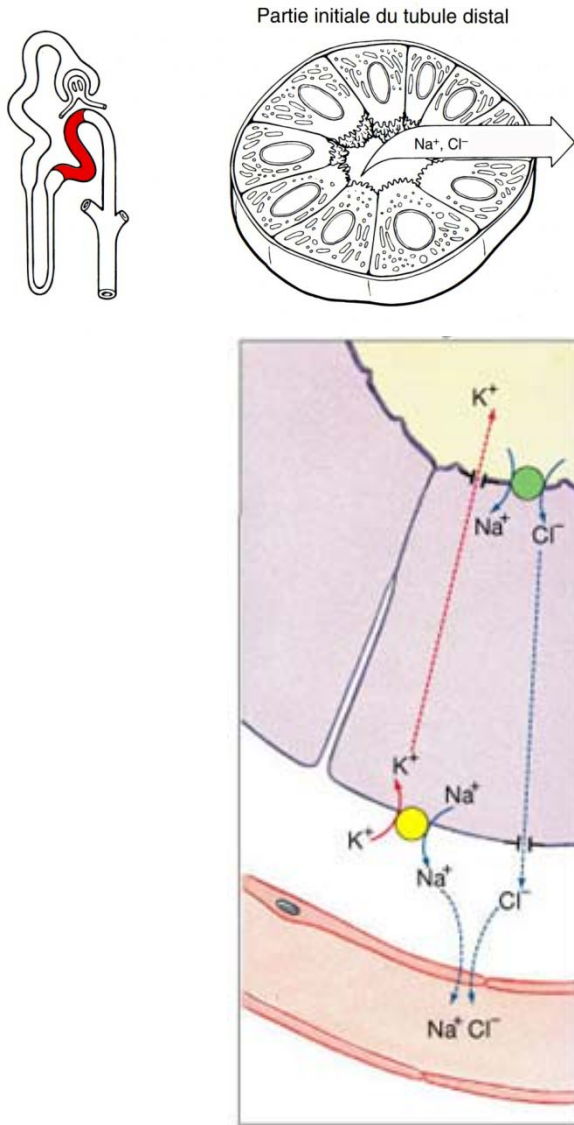
- Le mode **asymétrique de réabsorption du NaCl et de l'eau** dans les deux branches de l'anse de Henlé crée un **gradient osmotique** dans la région médullaire rénale
- Le filtrat est **concentré** dans la partie **descendante** de l'anse de Henlé : l'eau sort du filtrat alors que les solutés y restent  
**15% de l'eau est réabsorbé**
- Le filtrat est **dilué** dans la partie **ascendante** de l'anse de Henlé : les solutés sont extraits du filtrat alors que l'eau y reste  
**25% du sodium, du chlore et du potassium est réabsorbé**

**Tube  
contourné  
distal TCD**

**Tube collecteur**

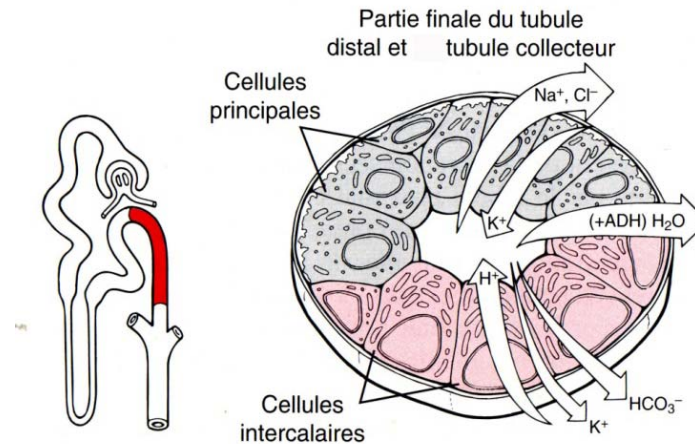


# Réabsorption dans la première partie du TCD



- **Ressemble au segment large de l'anse de Henlé**
  - Réabsorption de Na<sup>+</sup> et de Cl<sup>-</sup>
  - Imperméable à l'eau
  - L'osmolarité du liquide tubulaire continue de diminuer
- Avec le **segment large de l'anse de Henlé**, ils constituent le **segment diluant** du tubule rénal

# Réabsorption et sécrétion dans le reste du TCD et dans le tubule collecteur



## Cellules principales

Homéostasie du  $\text{Na}^+$ ,  
du  $\text{K}^+$  et de l'eau

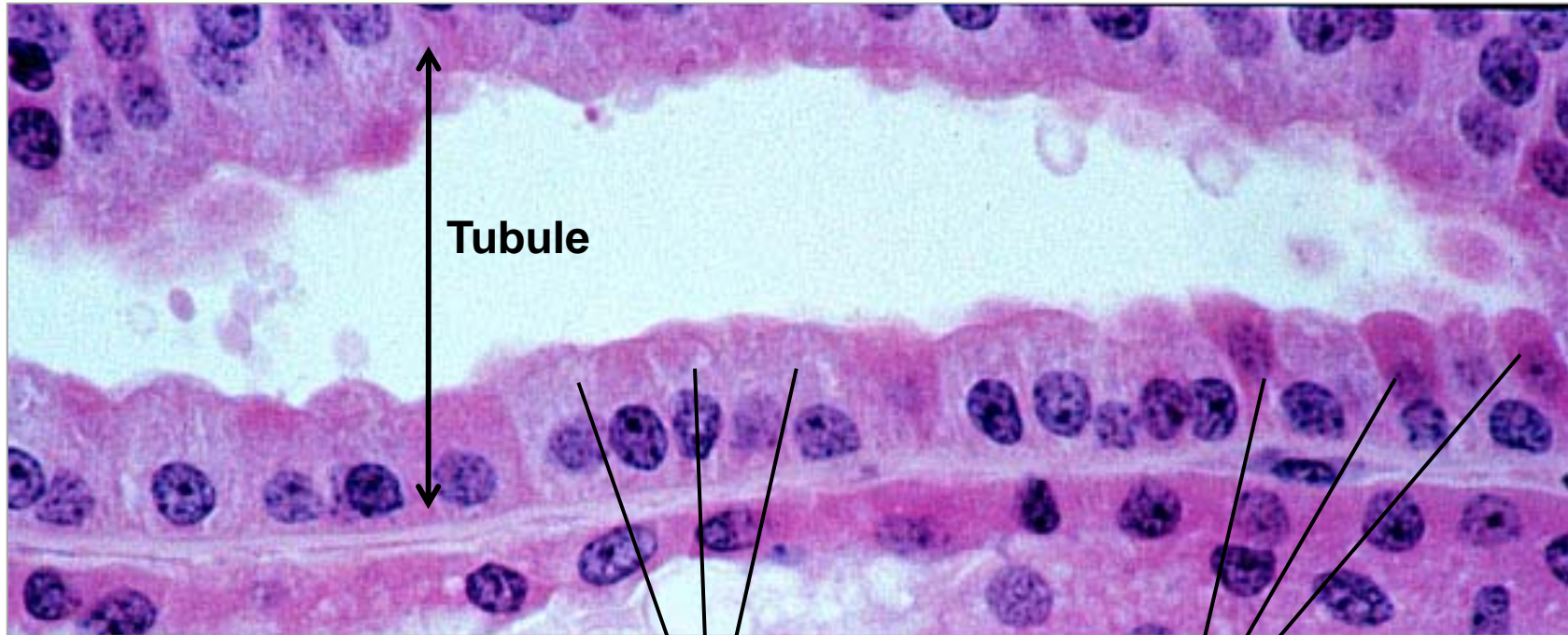
- Réabsorption de  $\text{Na}^+$
- Sécrétion de  $\text{K}^+$
- Réabsorption d'eau *en présence d'ADH*

## Cellules intercalaires

Equilibre  
acido-basique

- Réabsorption de bicarbonates et de  $\text{K}^+$
- Sécrétion de protons

# Cellules principales vs intercalaires



**Cellules principales**

**Cellules intercalaires**

# Réabsorption et sécrétion par les cellules principales

- Dépendant de l'activité de la pompe
- **Echange de  $\text{Na}^+$  et de  $\text{K}^+$**  à travers des canaux sur la membrane apicale
- Régulation hormonale par l'**aldostérone** en fonction des besoins en  $\text{Na}^+$



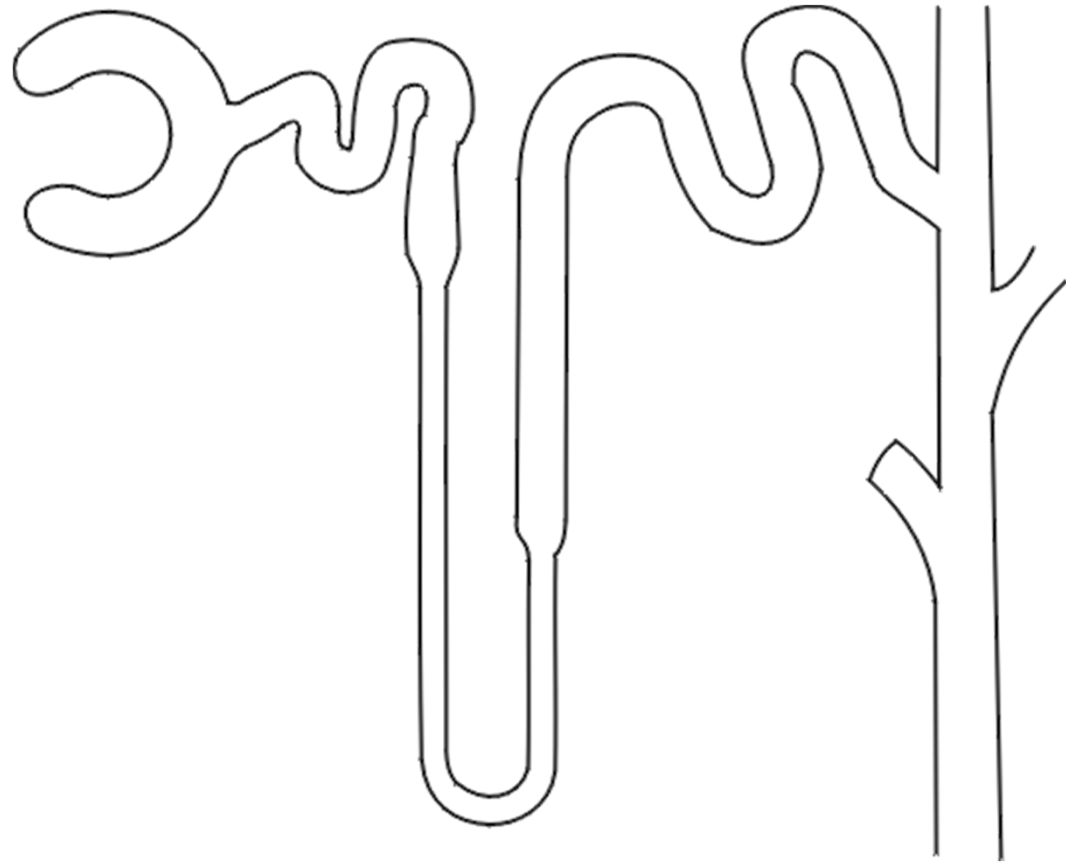
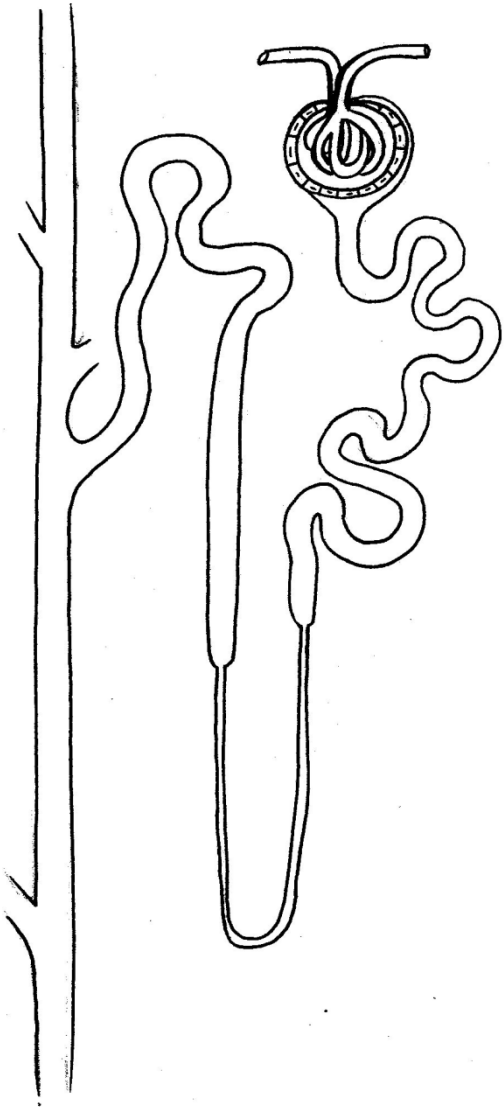
# En résumé

- La réabsorption de l'eau, du  $\text{Na}^+$  et du  $\text{K}^+$  par les reins se fait de deux façons :
  - Réabsorption **obligatoire** dans le **TCP** et l'**anse de Henlé** : ~ 80% de l'eau et 90% du  $\text{Na}^+$  et du  $\text{K}^+$
  - Réabsorption **facultative (contrôle hormonal)** dans le **TCD** et le **tubule collecteur**
- La dernière phase de traitement du filtrat dans le TCD et le tubule collecteur comprend de la **réabsorption** et de la **sécrétion**
- Les **cellules principales** :
  - Réabsorbent le  $\text{Na}^+$  et sécrètent le  $\text{K}^+$  sous le contrôle de l'**aldostérone**
  - Réabsorbent l'eau sous le contrôle de l'**hormone antidiurétique**
- Les **cellules intercalaires** participent au contrôle final du **pH sanguin** en réabsorbant ou sécrétant des bicarbonates et des protons

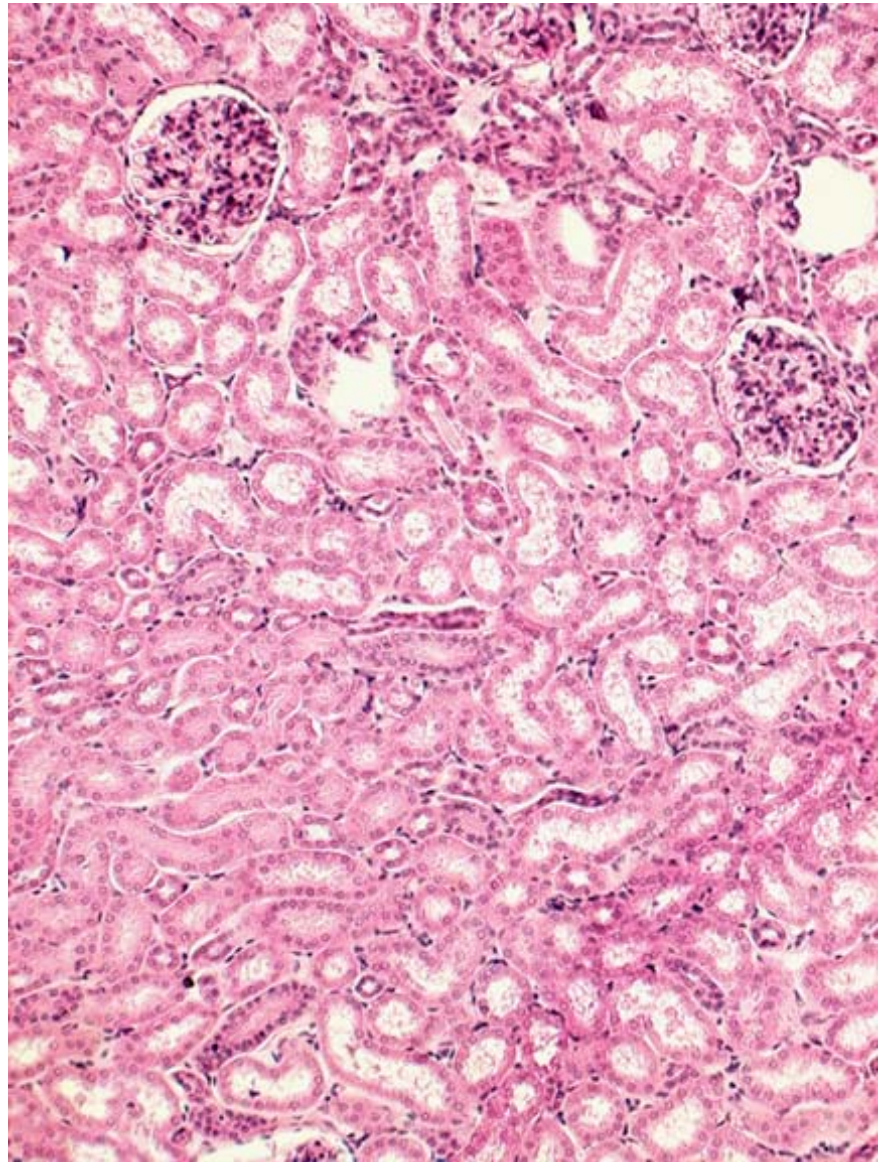
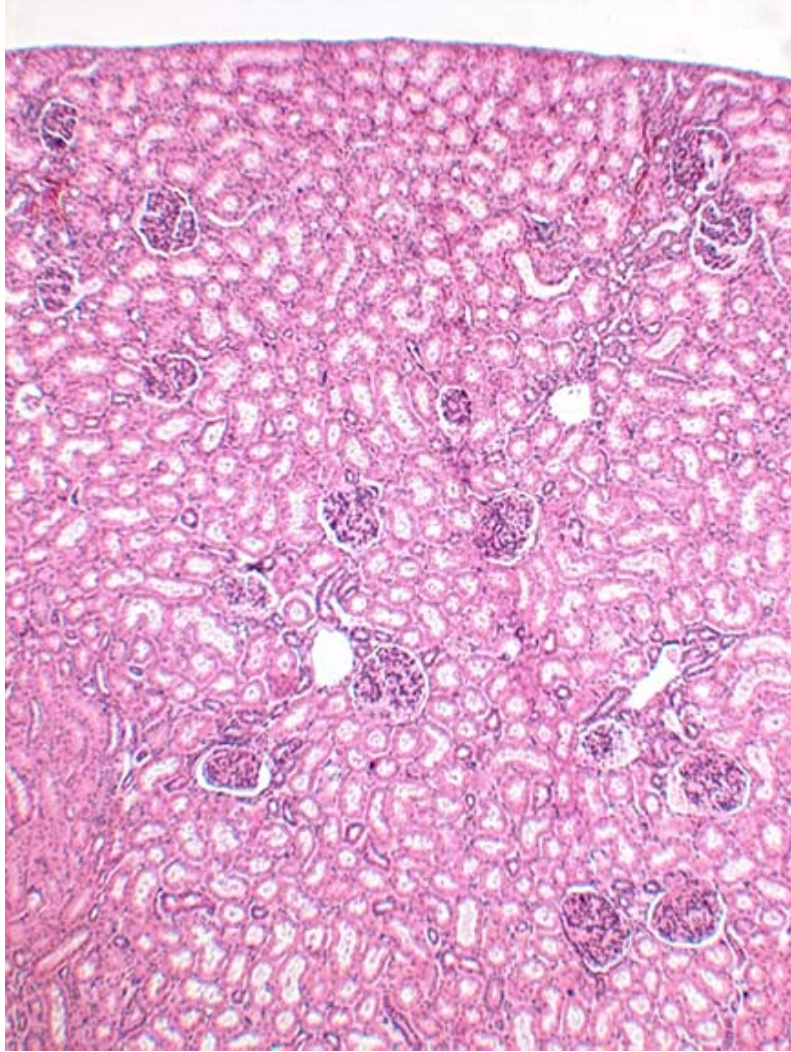
# Fiche mémo

Segment du tubule	Perméabilité à l'eau	Substances réabsorbées	Taux de réabsorption	Mécanisme
TCP	Oui	Na+	65 %	Transport actif
		K+	65 %	Diffusion passive
		Eau	65 %	Osmose, réabsorption obligatoire
		Glucose, a. aminés, vitamines	100 %	Transport actif
		Bicarbonates	90 %	Transport actif
		Cl-	50 %	Diffusion passive
<b>Anse de Henlé</b>				
Branche descendante	Oui	Eau	15 %	Osmose
Branche ascendante	Non	Na+, K+, 2Cl-	25 %	Transport actif
TCD premier segment		Na+, Cl-		
TCD et tubule collecteur	Variable	Na+, K+	Variable	Transport actif, nécessite l'aldostérone
		H+, K+, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Variable	Transport actif
		Eau	Variable	Osmose, nécessite l'ADH

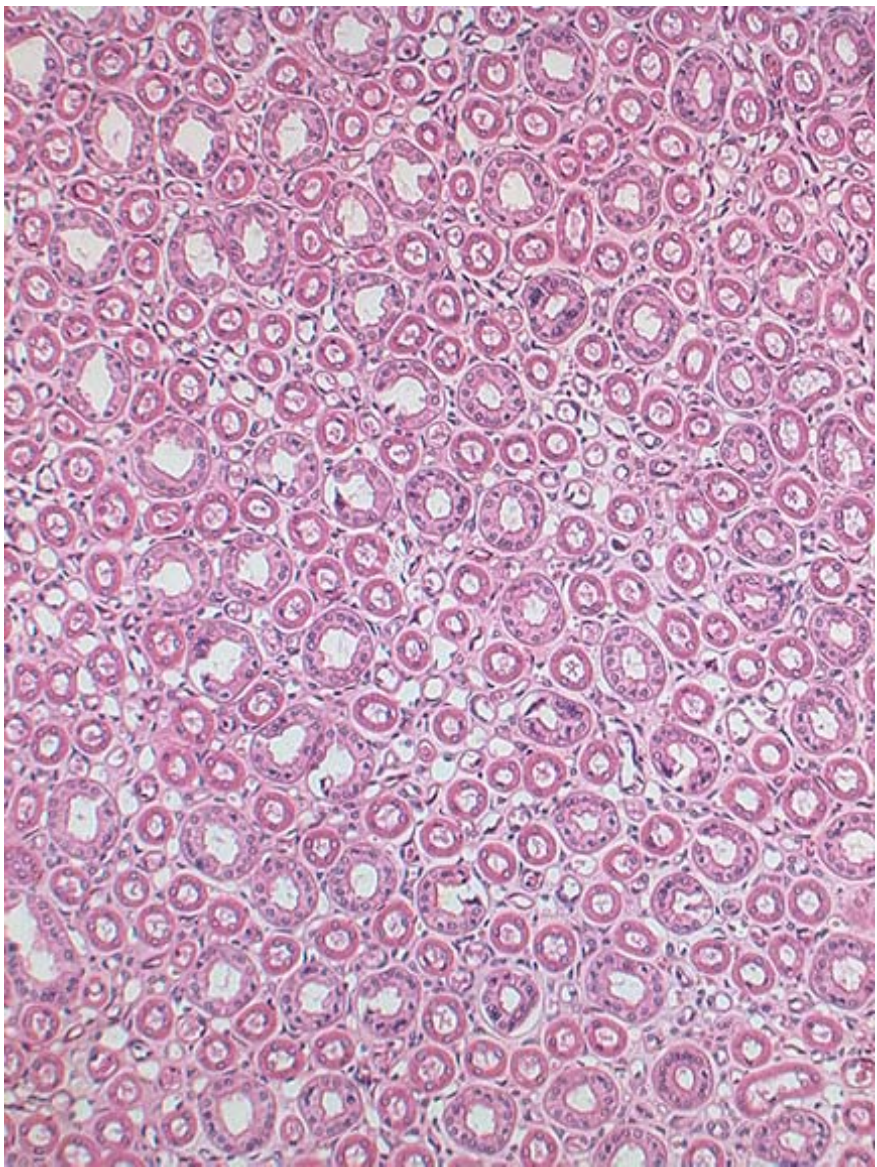


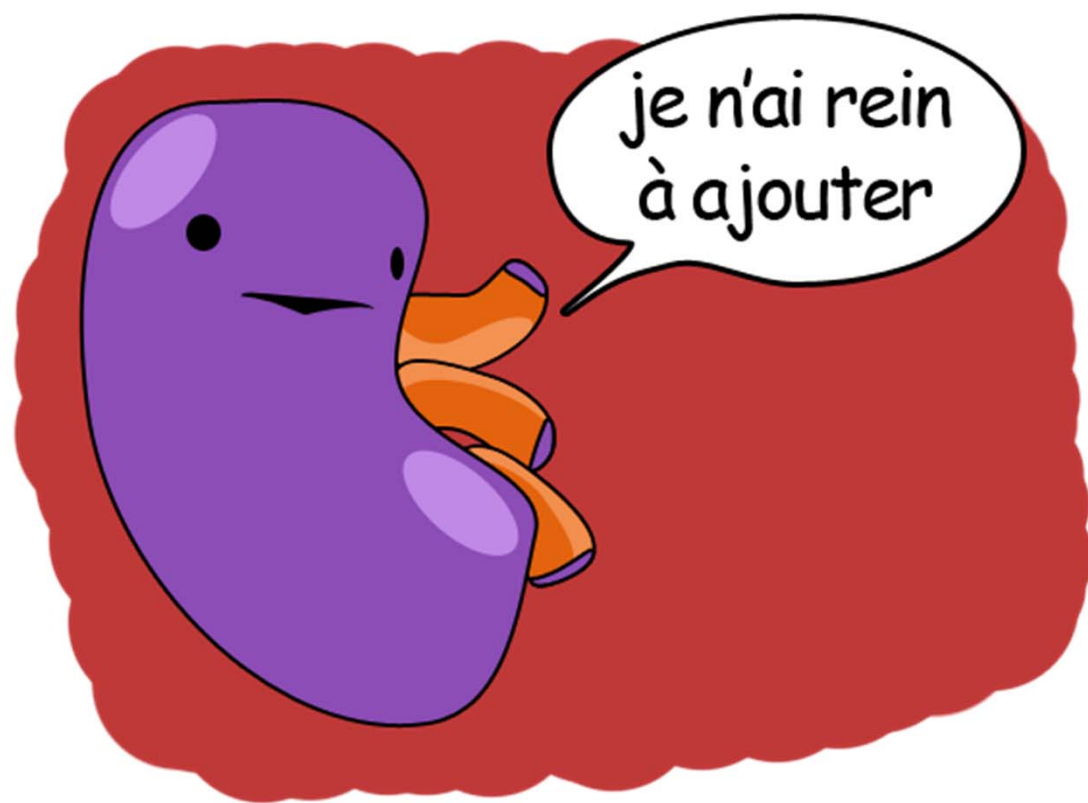


**dans la réalité les choses ne sont pas si simples...**









je n'ai rien  
à ajouter

# Mentions légales

L'ensemble de cette œuvre relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle, littéraire et artistique ou toute autre loi applicable.

Tous les droits de reproduction, adaptation, transformation, transcription ou traduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Cette œuvre est interdite à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1 et ses affiliés.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.