

Les parathyroïdes

Calcium et Phosphore

I Calcium et Phosphore de l'organisme

1/ Rôles

2/ Besoins

3/ Répartition dans l'organisme

4/ Cycles

II – L'homéostasie phosphocalcique

1/ Les sites de régulation

2/ Les hormones régulatrices

Les parathyroïdes Calcium et Phosphore

- 99% dans les dents et dans le squelette. 1% dans le reste de l'organisme. Le métabolisme du
- calcium et celui du phosphore sont étroitement liés et le métabolisme phosphocalcique est
- régulé par la PTH, le TCT et le calcitriol. Le calcium plasmatique existe sous deux formes :
- calcium non ultrafiltrable (lié aux protéines) et le calcium ultrafiltrable (non ionisé et ionisé).

I - Calcium et Phosphore de l'organisme

1/ Rôles



- Excitabilité neuromusculaire

Libération de neurotransmetteurs

Contraction musculaire

- Second messenger intracellulaire

Voie de signalisation

- Cofacteur enzymatique

Coagulation sanguine

- Constituant de molécules biologiques indispensables

ATP, Phospholipides, acides nucléiques

- Régulation des protéines

Phosphorylation réversible

- Pouvoir tampon



2/ Besoins

■ Calcium

- Adulte : 1g/j
- Enfant, adolescent, pers. âgées : 1,2 g/j

Besoins largement couverts en Europe

Apports essentiellement par le lait et les fromages

■ Phosphates

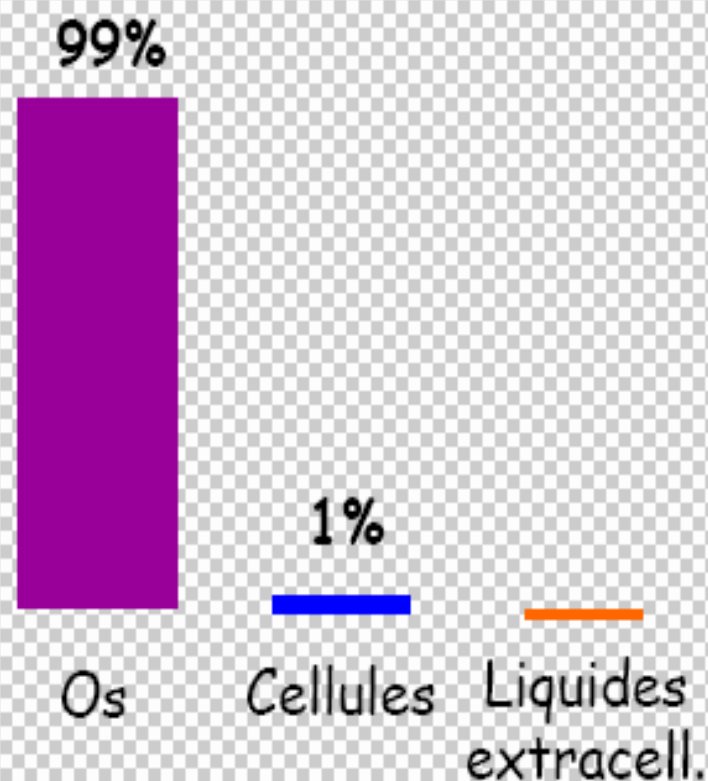
- Adulte : 1g/j
- Enfant, femme enceinte ou qui allaite : 1,2 - 1,4 g/j

Une alimentation « normale » couvre largement les besoins

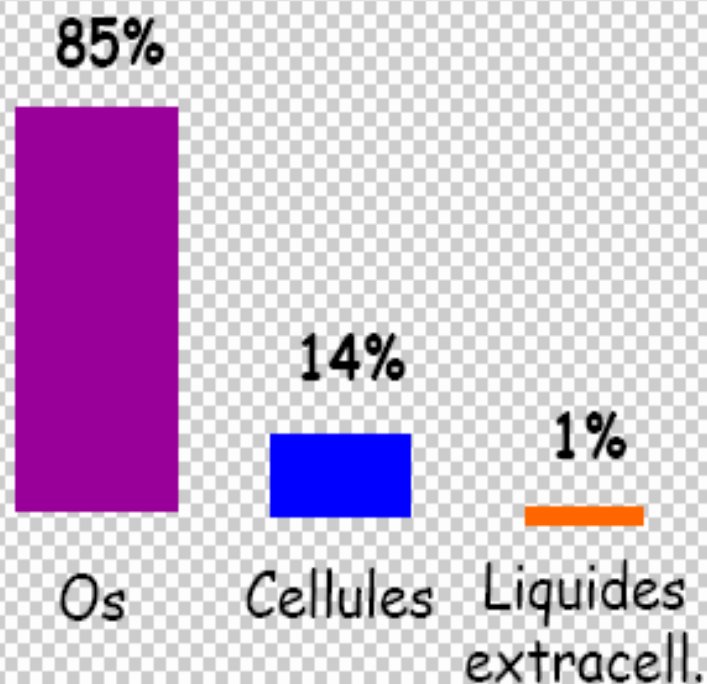
Apports essentiellement par lait, œufs,
viandes, céréales

3/ Répartition dans l'organisme

Calcium



Phosphates



Formes

■ Dans l'os

Dépôts sur la trame protéique sous forme de cristaux d'hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

■ Dans le plasma

■ Calcium

Calcémie 2,20-2,60 mmol/L	→ Ca^{2+} : calcium ionisé = forme active	50%
	→ Calcium complexé (citrates...)	10%
	→ Calcium lié aux protéines (albumine)	40%



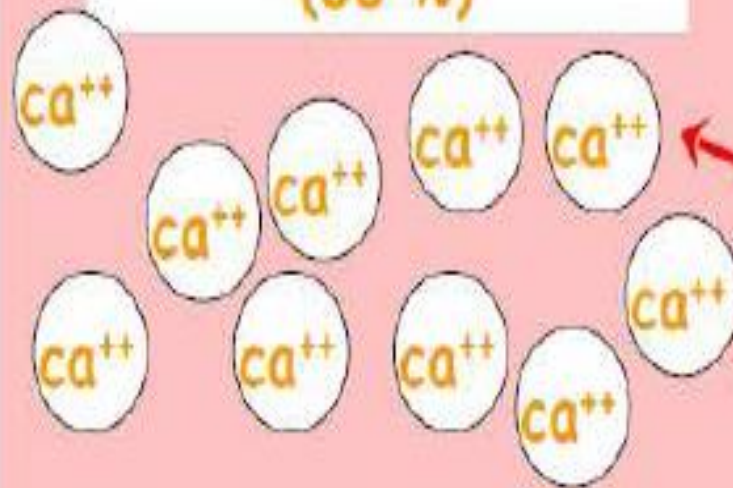
Interprétation des résultats de la calcémie

■ Phosphates

- Phosphates organiques (ATP, phospholipides...)
- Phosphates inorganiques $\text{Pi} = \text{PO}_4^{3-}$ = phosphatémie ou phosphorémie 0,8-1,6 mmol/L

Calcium ultrafiltrable

« Ca ionisé » libre
(50 %)



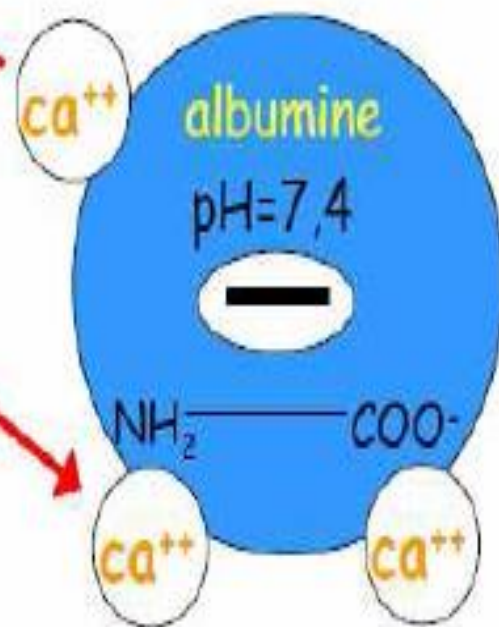
Calcium complexé (10%)

Calcium non ultrafiltrable

Calcium lié aux protéines
(40%)

\searrow pH
acidose

\nearrow pH
alcalose



Le calcium ionisé plasmatique Ca^{2+}

- Forme libre
- Forme filtrable au niveau rénal
- Forme régulée par les hormones
- Forme physiologiquement active

4/ Cycles chez un adulte

■ Cycle du calcium sur 24h

Alimentation

1g

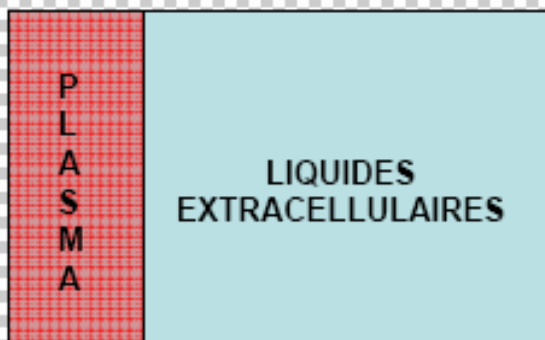


400 mg

160 mg

Selles
760 mg

Pool échangeable
1,2 g



Urines
400 mg/24h

Calcium osseux

1 kg

hydroxyapatite

99%

Accrétion (Ostéoblastes)

320 mg

320 mg

Résorption (Ostéoclastes)



Régulation hormonale au niveau du tube digestif, des reins et des os

■ Cycle du phosphore sur 24h

Alimentation

1g



Distribution corporelle
600g

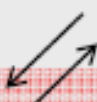


hydroxyapatite 85 %

Tissus mous

14 %

Plasma 1%



Selles
300 mg



Urines
700 mg

Régulation hormonale au niveau du tube digestif, des reins et des os

II - L'homéostasie phosphocalcique

Rôle fondamental du calcium et du phosphore dans l'organisme

Maintien de la concentration sanguine du calcium ionisé dans des limites étroites

Leurs métabolismes sont étroitement liés du fait de la grande insolubilité du phosphate tricalcique

→ contrôle hormonal qui porte à la fois sur l'entrée intestinale et la sortie rénale

Squelette : réserve rapidement mobilisable de calcium et de phosphate

Contrainte : la régulation des entrées et des sorties de calcium et de phosphore doit permettre le maintien de l'homéostasie phosphocalcique mais aussi la minéralisation optimale du squelette

■ 3 sites de régulation



Intestin



Os



Reins

■ 3 hormones

PTH

Calcitonine

Vitamine D3

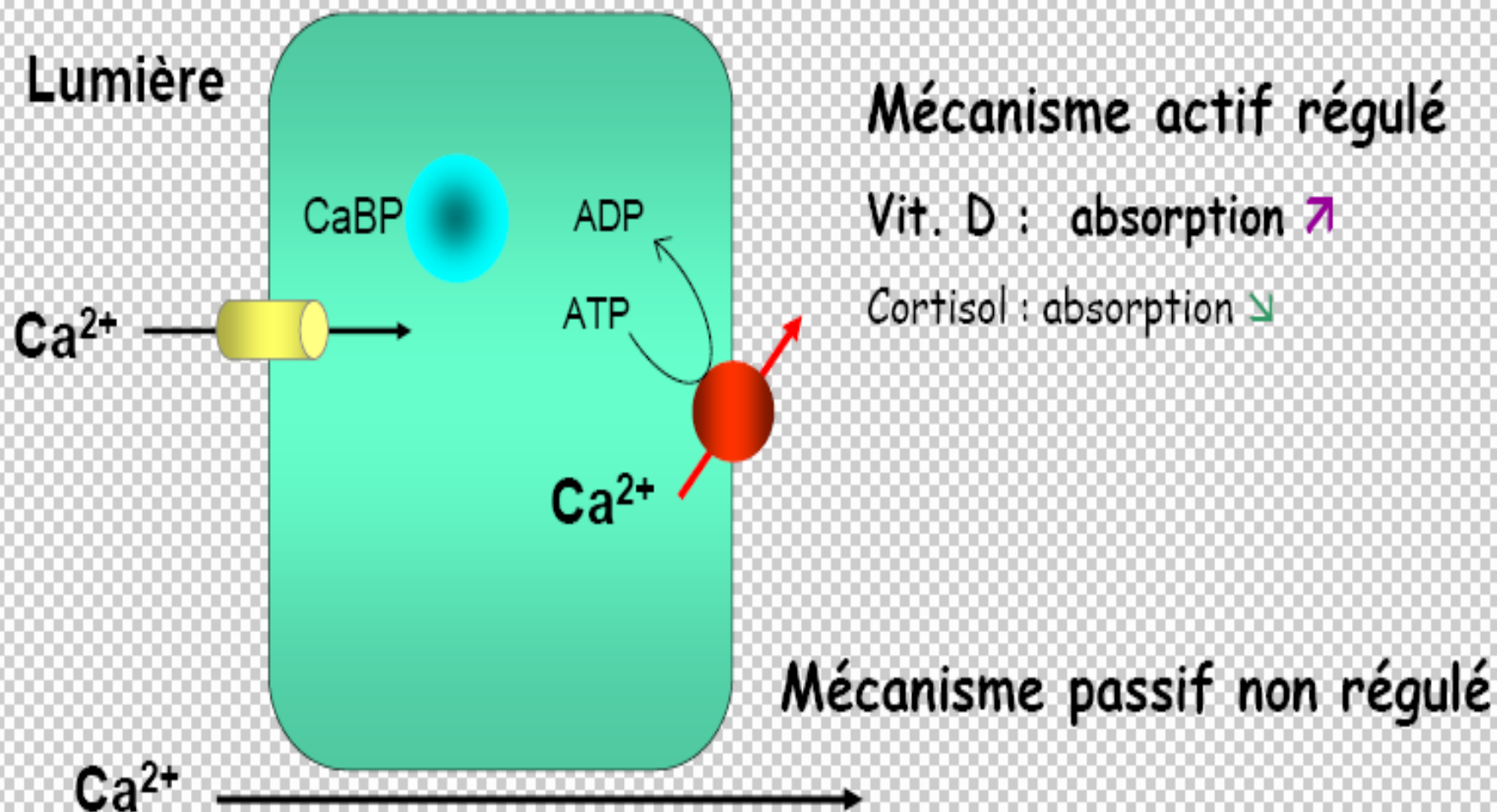
1/ Les sites de régulation

① Le tube digestif : absorption

Calcium

- Principalement duodénum
- Régulée par vitamine D3
→ augmente l'absorption
- Augmente si pH ACIDE
- Diminue si précipitation dans TD
par
 - excès de **phosphates**
 - présence de **phytates** (céréales complètes)
 - présence d'**oxalates** (thé, cacao, amandes, haricots verts...)

Absorption intestinale du calcium



1/ Les sites de régulation

① Le tube digestif : absorption

Calcium

- Principalement duodénum
- Régulée par vitamine D3
→ augmente l'absorption
- Augmente si pH ACIDE
- Diminue si précipitation dans TD
par
 - excès de **phosphates**
 - présence de **phytates**
 - présence d'**oxalates**

Phosphore

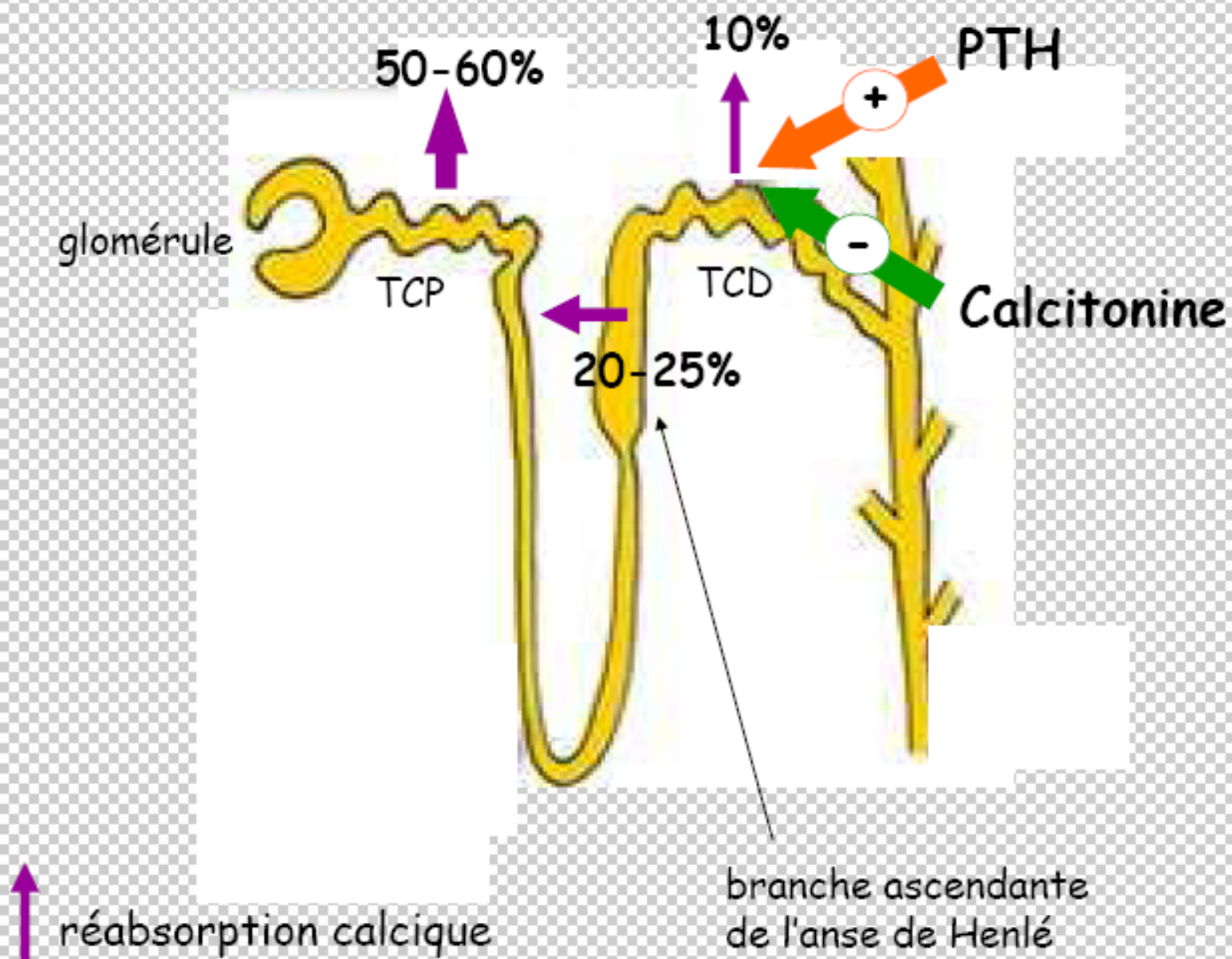
- Jéjunum, iléon
 - Absorption dépendante de la vit. D3
 - Mais absorption moins régulée
que pour le calcium
- ↪ Absorption augmente si les apports alimentaires augmentent

② Le rein : élimination

Calcium

- calcémie normale : 95 % du Ca filtré est réabsorbé
- calcémie basse : tout est réabsorbé
- calcémie élevée : 50% réabsorbé
50% éliminé

Réabsorption rénale du calcium



② Le rein : élimination

Calcium

- calcémie normale : 95 % du Ca filtré est réabsorbé
- calcémie basse : tout est réabsorbé
- calcémie élevée : 50% réabsorbé
50% éliminé

Phosphore

90% des Pi filtrés sont réabsorbés

MAIS : Il existe un T_{mPi}
(taux max de réabsorption)

parathormone (PTH) → ↗ réabsorption rénale Ca^{2+} → **HYPERCALCEMIANTE**

↘ réabsorption rénale Pi → **HYPOPHOSPHOREMIANTE**

calcitonine → ↘ réabsorption rénale Ca^{2+} → **HYPOCALCEMIANTE**

③ L'os

2 fonctions :

1. **mécanique** : le squelette est la charpente du corps.
2. **métabolique** : le squelette est un réservoir de calcium.

Pour assurer ces deux fonctions, l'os n'est pas un tissu inerte mais vivant : **il se renouvelle en permanence tout au long de la vie.**

Le renouvellement est indispensable pour que l'os reste solide.

Mais un dérèglement du remodelage osseux est la cause de nombreuses maladies de l'os.

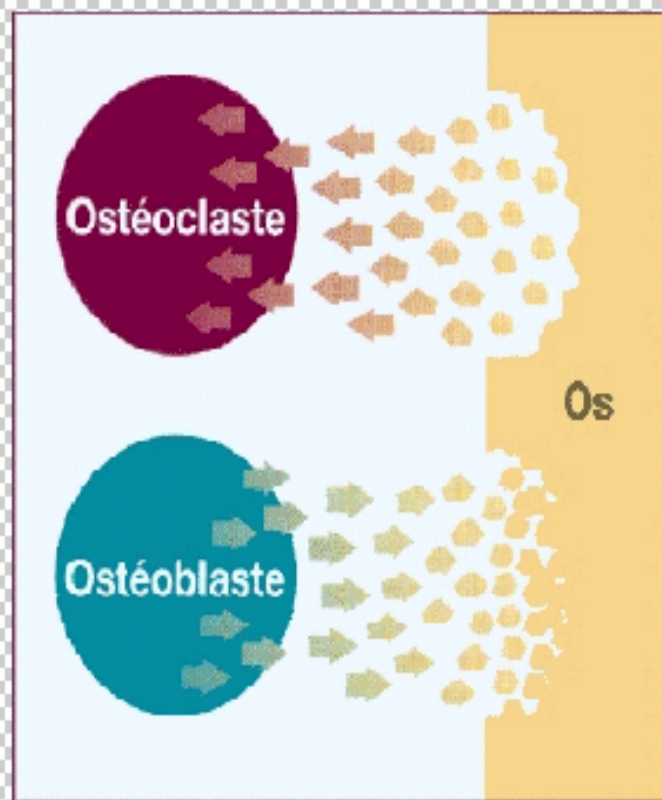
■ Les os sont constitués :

- de protéines, en particulier du **collagène**
- de minéraux (calcium, phosphore), organisés en un cristal, appelé **hydroxyapatite**. C'est ce minéral qui solidifie le tissu osseux.

■ Au sein de l'os on trouve, comme dans tous les tissus, des cellules, des vaisseaux et des nerfs.

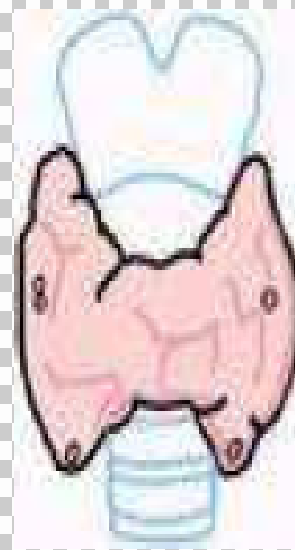
- Le tissu osseux est en perpétuel remaniement.
- L'os compact est composé d'une matrice disposée en lamelle qui renferme des constituants
- organiques (fibre de collagènes, proline, hydroxyproline, lipides, macro-polysaccharides) et
- minéral (cristaux de phosphate tricalcique).

- L'os = tissu vivant qui se renouvelle en permanence (remodelage osseux) grâce au fonctionnement couplé de deux types de cellules osseuses : les ostéoclastes et les ostéoblastes.
- Les **ostéoclastes** doivent d'abord détruire l'os ancien en creusant des lacunes = résorption osseuse
- Les **ostéoblastes** vont ensuite fabriquer un os nouveau : en comblant de protéines les lacunes (formation osseuse). Ce tissu osseux jeune = tissu ostéoïde, va ensuite se calcifier (minéralisation osseuse).



2/ Les hormones régulatrices

① La parathormone : PTH



parathyroïdes



Synthèse de la PTH

^2HN     COOH Pré-pro-PTH 115 AA

Glandes
parathyroïdes

   pro-PTH 90 AA

Plasma

^2HN   COOH PTH 84 AA

Protéolyse hépatique et rénale

Fragment C-terminal

Activité biologique
Par l'intermédiaire
de l'AMP cyclique

Fragment N-terminal

^2HN  34 AA

$T_{1/2} < 5\text{min}$

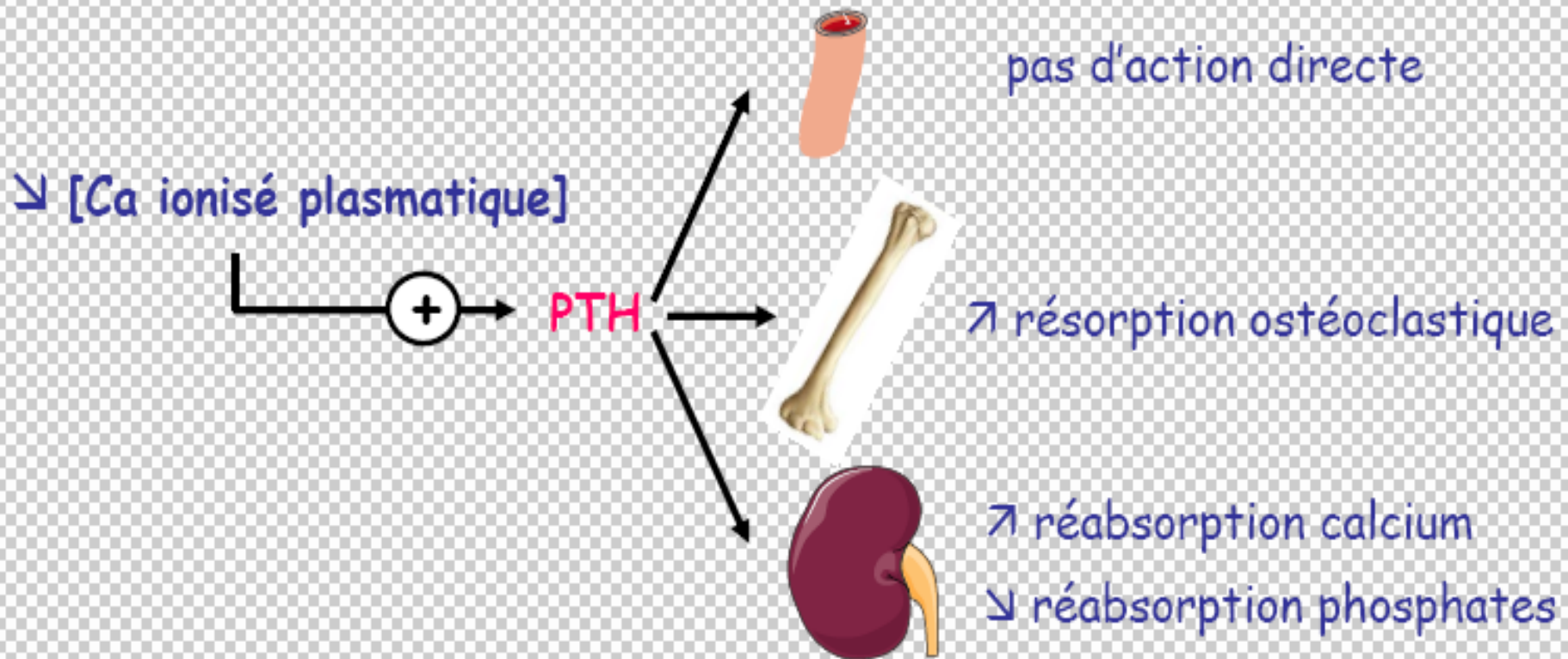
 COOH

 COOH

 COOH

Inactifs

Rôles de la PTH



PTH = hormone

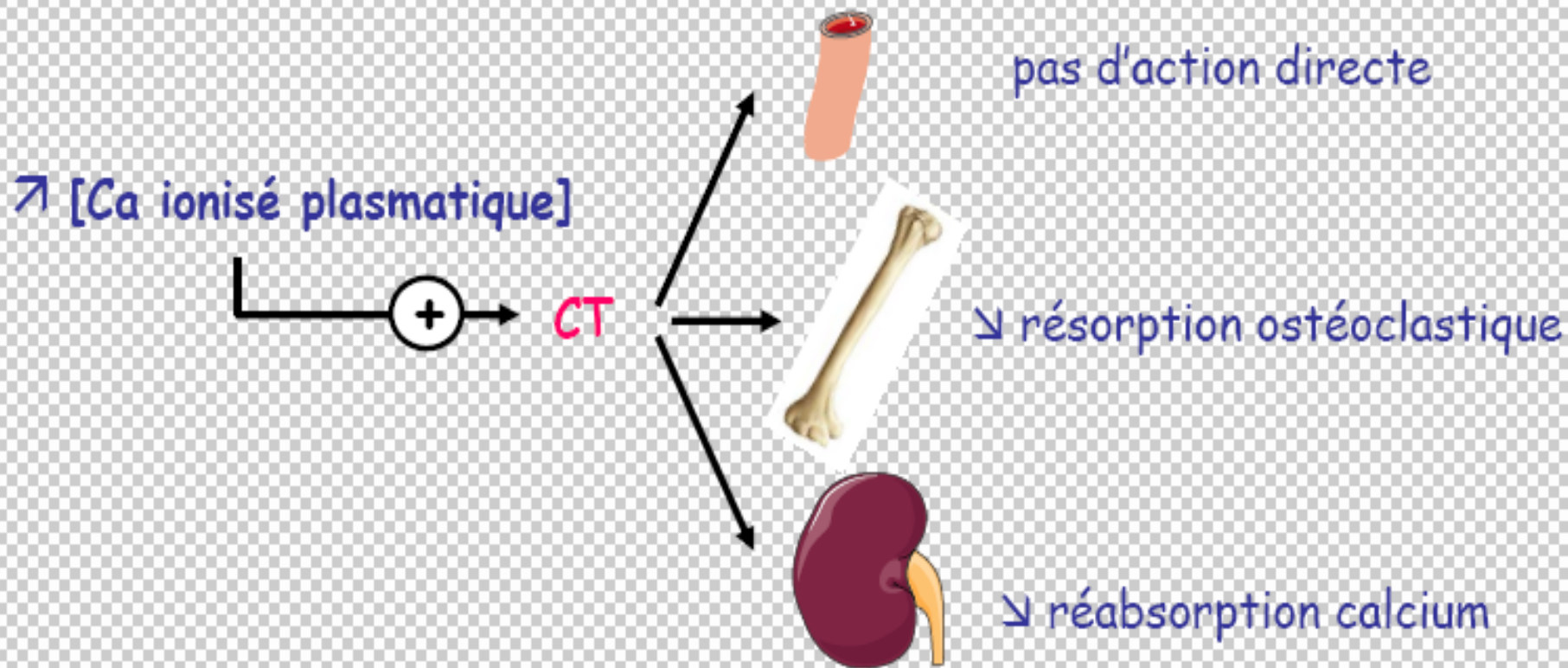
HYPERCALCEMIANTE

HYPOPHOSPHOREMIANTE

② La calcitonine

- Hormone peptidique de 32 AA
- Synthétisée sous forme de pro-hormone par les cellules C de la thyroïde (cellules parafolliculaires)

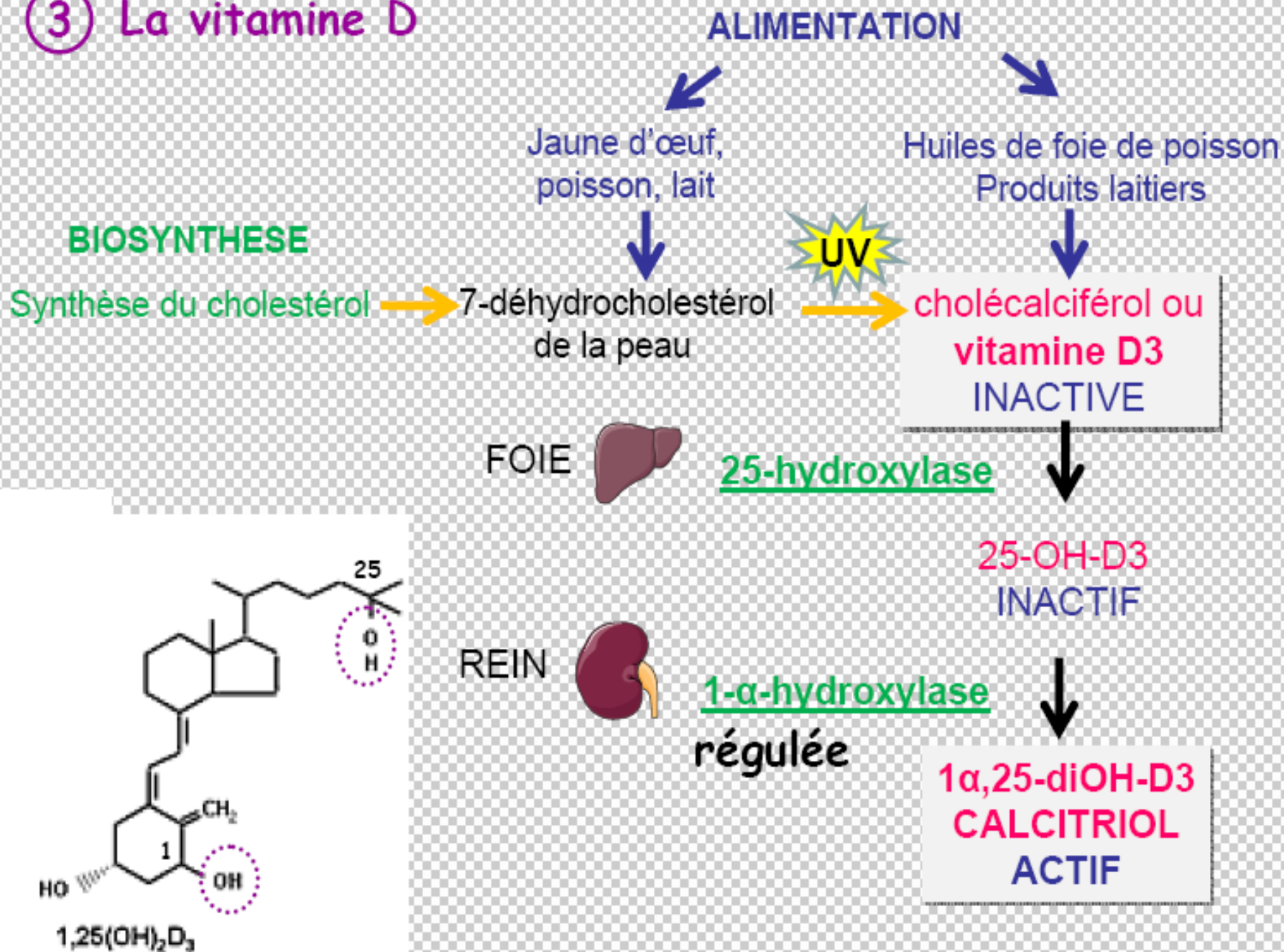
Rôles de la calcitonine



CALCITONINE = hormone

HYPOCALCEMIANTE

③ La vitamine D



Rôles de la vitamine D \Rightarrow minéralisation osseuse

CALCITRIOL



\nearrow absorption du calcium

\nearrow absorption des phosphates



\nearrow résorption ostéoclastique de l'os ancien

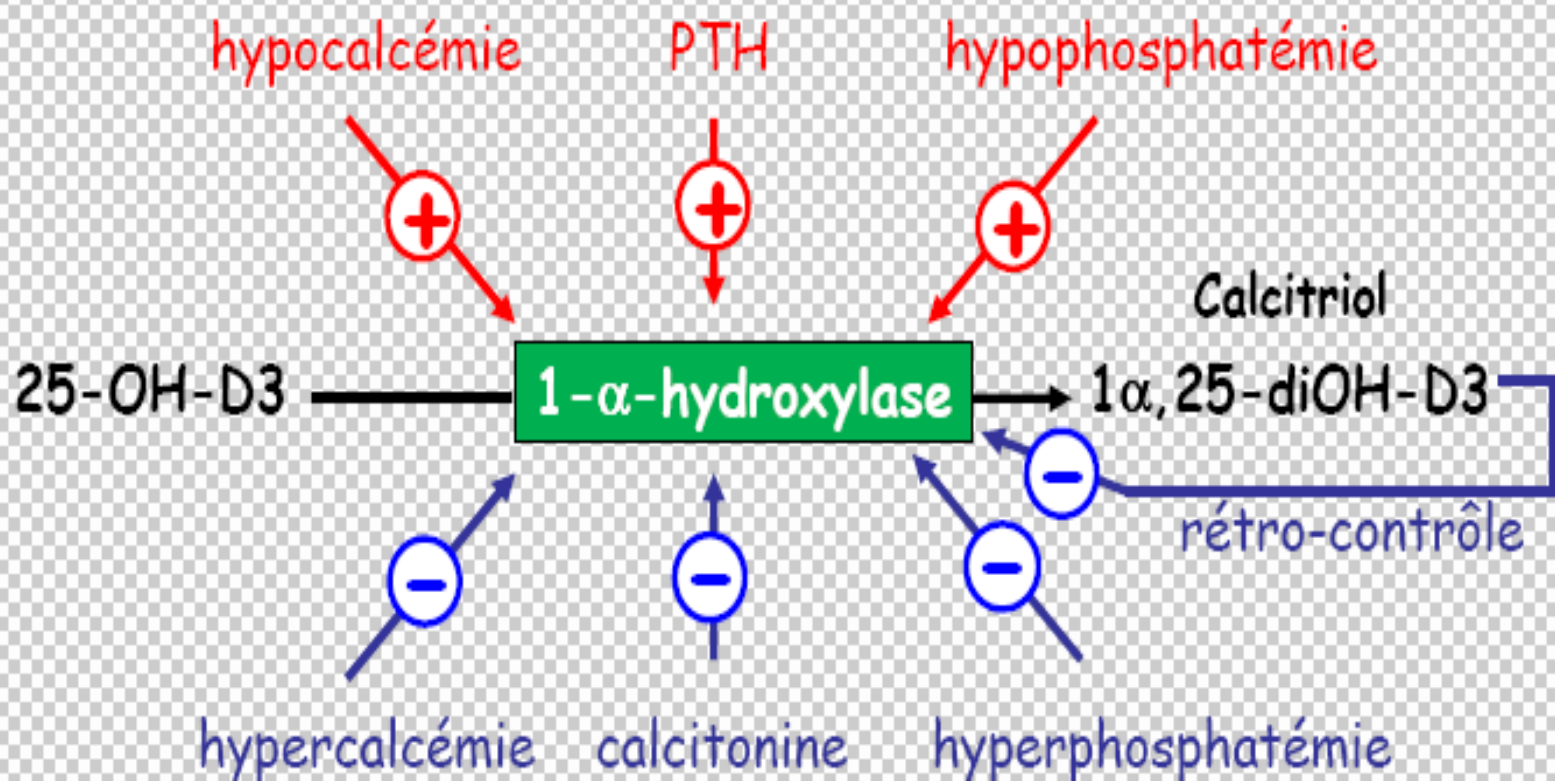
\nearrow minéralisation osseuse



CALCITRIOL = hormone

**HYPERCALCEMIANTE
HYPERPHOSPHOREMIANTE**

Régulation de la 1 α hydroxylase



④ Les autres hormones

■ Oestrogènes

↗ absorption intestinale du calcium

↗ la synthèse protéique et la minéralisation de l'os

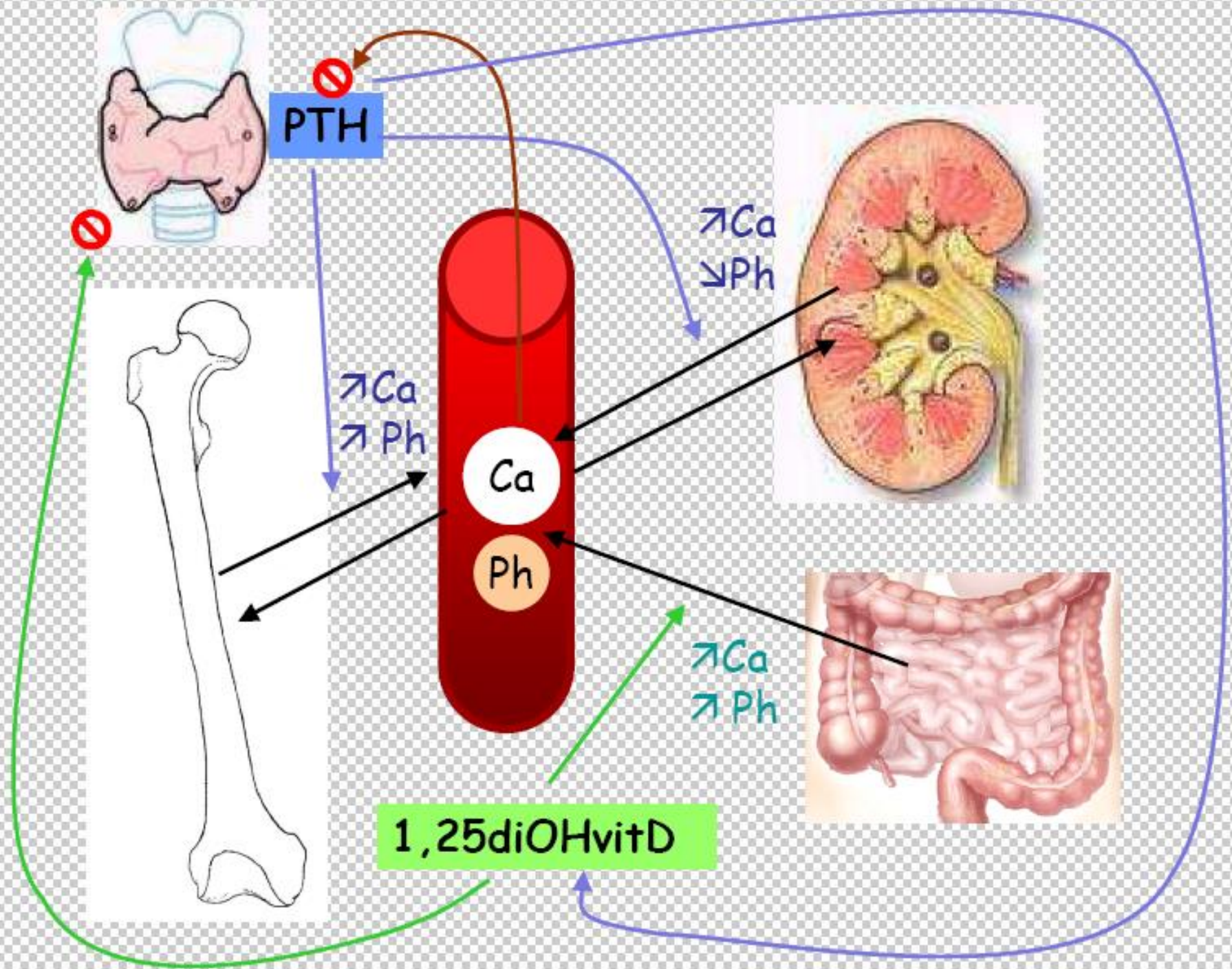
↪ ostéoporose post-ménopausique

■ Cortisol

↘ minéralisation de l'os

↘ synthèse protéique de l'os

↪ Hypercorticisme iatrogène ou syndrome de cushing
→ ostéoporose secondaire



Hypocalcémie

Augmentation de
la sécrétion de PTH

REIN

PTH :

augmente la réabsorption tubulaire du calcium.
diminue la réabsorption tubulaire des phosphates.

INTESTIN

PTH augmente la synthèse de Calcitriol.
Le Calcitriol augmente l'absorption intestinale du calcium.
L'absorption du calcium augmente.

OS

Calcitriol :

augmente l'Ostéolyse.
diminue l'Ostéogenèse.

Hypercalcémie

OS

diminue l'Ostéolyse.
augmente l'Ostéogénèse.

Augmentation de la
sécrétion de Calcitonine

REIN

diminue la réabsorption du calcium.
diminue la réabsorption des phosphates.

INTESTIN

diminution de la transformation de la vitamine D en Calcitriol
diminution de la synthèse du Calcitriol.
diminution d l'absorption du calcium.

REIN

il favorise la réabsorption tubulaire du calcium, à forte dose.

Calcitriol

INTESTIN

il favorise l'absorption intestinale du calcium et des phosphates.
il favorise la minéralisation de la matrice osseuse.

OS

stimule l'action des Ostéoblastes, à faible dose.
mais à forte dose, il stimule l'Ostéolyse de l'os ancien par les Ostéoclastes.