


 Université Batna 2  
 Département de médecine  
 Faculté de médecine

**PHYSIOLOGIE  
PHOSPHOCALCIQUE**

**D' BOUHIDEL**  
Année universitaire 2019-2020

**PLAN GENERAL**

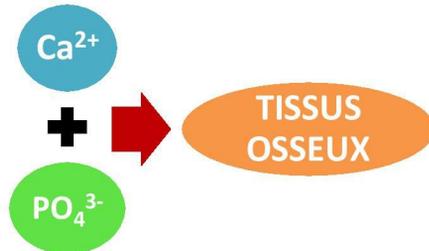
**I. ROLES ET BESOINS**  
**II. REPARTITION TISSULAIRE**  
**III. METABOLISME**  
**IV. HOMEOSTASIE**  
**V. EXPLORATION**  
**VI. VARIATIONS PATHOLOGIQUES**  
**VII. CONCLUSION**

[D' BOUHIDEL](#)

**ROLES ET BESOINS**

[D' BOUHIDEL](#)

**ROLES ET BESOINS**  
**Ca<sup>2+</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**



[D' BOUHIDEL](#)

**ROLES ET BESOINS**  
**Ca<sup>2+</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**



[D' BOUHIDEL](#)

**ROLES ET BESOINS**  
**Ca<sup>2+</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

Population / Situation	Calcium (mg)	Phosphore (mg)	Magnésium (mg)	Fer (mg)	Zinc (mg)	Cuivre (µg)	Fluor (µg)	Iode (µg)	Sélénium (µg)	Chrome (µg)
1-3 ans	500	300	40	7	8	0,6	0,5	80	20	15
4-6 ans	700	450	130	7	7	1	0,8	90	30	15
7-9 ans	900	600	200	8	9	1,2	1,2	120	40	40
10-12 ans	1200	800	280	10	12	1,5	1,5	150	45	45
13-15 ans (G)	1200	800	410	13	13	1,5	2	150	50	50
13-15 ans (F)	1200	800	370	16	10	1,5	2	150	50	50
16-19 ans (G)	1200	800	410	13	13	1,5	2	150	50	50
16-19 ans (F)	1200	800	370	16	10	1,5	2	150	50	50
Hommes adultes	900	750	420	9	12	2	2,5	150	60	65
Femmes adultes	900	750	350	16	10	1,5	2	150	50	55
Femmes >55 ans	1200	750	420	9	11	1,5	2,5	150	70	70
Femmes >65 ans	1200	800	380	9	11	1,5	2	150	80	60
Femmes enceintes 36 semaines	1000	800	400	30	14	2	2	200	60	60
Femmes allaitantes	1000	800	390	10	19	2	2	200	60	55
Personnes âgées > 75 ans	1200	800	400	10	12	1,5	2	150	60	-

[D' BOUHIDEL](#)

## ROLES ET BESOINS

### Le Calcium, $\text{Ca}^{2+}$

- ❖ **Excitabilité neuromusculaire**
  - ✓ Libération de neurotransmetteurs
  - ✓ Contraction musculaire
- ❖ **Second messenger intracellulaire**
  - ✓ Voie de signalisation
- ❖ **Cofacteur enzymatique**
  - ✓ Coagulation sanguine

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## ROLES ET BESOINS

### Le Calcium, $\text{Ca}^{2+}$



Sources : Laits et laitage

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## ROLES ET BESOINS

### Le phosphate, $\text{PO}_4^{3-}$

- ❖ **Constituant de molécules biologiques indispensables**
  - ✓ ATP, Phospholipides, acides nucléiques
- ❖ **Régulation des protéines**
  - ✓ Phosphorylation réversible
- ❖ **Pouvoir tampon**
  - ✓  $\text{HPO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## ROLES ET BESOINS

### Le phosphate, $\text{PO}_4^{3-}$



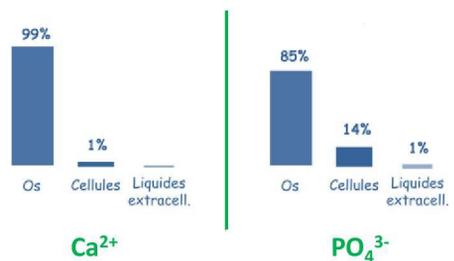
Sources : Laits et laitage, œufs, viandes, céréales

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## REPARTITION TISSULAIRE

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## REPARTITION TISSULAIRE

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## REPARTITION TISSULAIRE

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

### ❖ Plasma

✓ Calcium

Calcémie (2,20-2,60 mmol/L) :

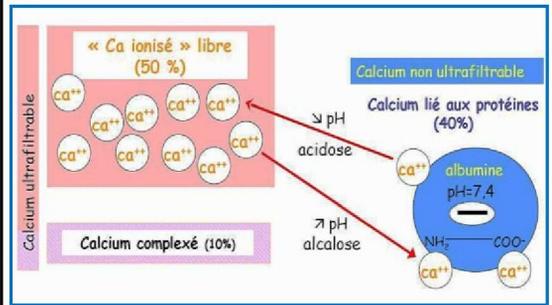
- $\text{Ca}^{2+}$  (Calcium ionisé = forme active 50%,
- Calcium complexé (citrates...) 10%,
- Calcium lié aux protéines (albumine) 40%

✓ Phosphates :

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

D' BOUHIDEL

## REPARTITION TISSULAIRE



D' BOUHIDEL

## REPARTITION TISSULAIRE

❖ Le **calcium ionisé plasmatique  $\text{Ca}^{2+}$**  correspond à la forme libre, filtrable au niveau rénal, régulée par les hormones et enfin physiologiquement active.

D' BOUHIDEL

## METABOLISME

D' BOUHIDEL

## METABOLISME

### Le calcium et le phosphate

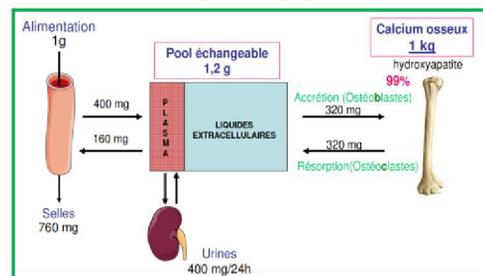
❖ Le **calcium** et le **phosphate** ont des **métabolismes différents** mais qui ont pour point commun une régulation tissulaire (tube digestif, rénale et osseuse) de type hormonale.

D' BOUHIDEL

## METABOLISME

### (sur 24h)

### Le calcium, $\text{Ca}^{2+}$

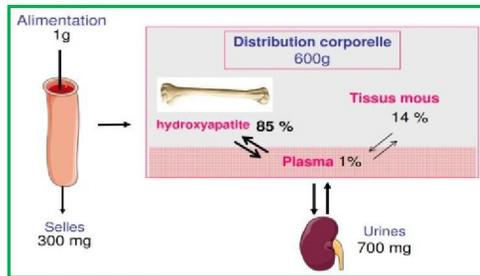


D' BOUHIDEL

## METABOLISME

(sur 24h)

### Le phosphate, $\text{PO}_4^{3-}$



D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Principes de régulation (1/3)

- ❖ Le calcium et le phosphore ont un rôle fondamental dans l'organisme.
- ❖ La concentration sanguine du calcium ionisé doit être maintenu dans des limites étroites.
- ❖ Leurs métabolismes sont étroitement liés du fait de la grande insolubilité du phosphate tricalcique.

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Principes de régulation (2/3)

- ❖ 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.

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Principes de régulation (3/3)

- ❖ Le contrôle hormonal se fait essentiellement par **3 hormones** :
  - ✓ La PTH
  - ✓ La Calcitonine
  - ✓ La Vitamine D3
- ❖ Ce contrôle hormonal se fait essentiellement au niveau de **3 sites de régulation** :
  - ✓ Intestinal
  - ✓ Rénal
  - ✓ Osseux

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Sites de régulation

- ❖ Ce contrôle hormonal se fait essentiellement au niveau de **3 sites de régulation** :
  - ✓ Intestinal
  - ✓ Osseux
  - ✓ Rénal

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Le tube digestif : Absorption

##### Calcium

- Principalement **duodénum**
- **Réglée 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

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Rein : Elimination

##### 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  
**MATS** : Il existe un TmPi (taux max de réabsorption)

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

↘ réabsorption rénale Pi → **HYPOPHOSPHOREMIANTE**

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

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Tissu Osseux

❖ Le tissu osseux a **2 fonctions** :

- 1) **Mécanique** : Le squelette est la charpente de l'organisme
- 2) **Métabolique** : Le squelette est un réservoir de calcium

❖ Le tissu osseux est **constitué** :

- 1) **De protéines**, en particulier du collagène
- 2) **De minéraux** (calcium, phosphore), organisés en **cristaux d'hydroxyapatites**. C'est ce minéral qui **solidifie le tissu osseux**.

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Tissu Osseux

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

❖ 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**.

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Tissu Osseux

❖ Les **ostéoclastes** doivent d'abord **détruire l'os ancien en creusant des lacunes** = résorption osseuse.

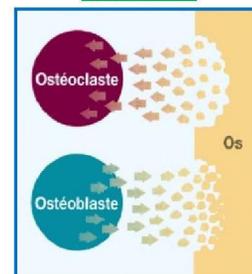
❖ Les **ostéoblastes** vont **ensuite fabriquer un os nouveau en comblant de protéines les lacunes** (formation osseuse). Ce tissu osseux jeune = tissu ostéoïde, va ensuite se calcifier (minéralisation osseuse).

D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Tissu Osseux

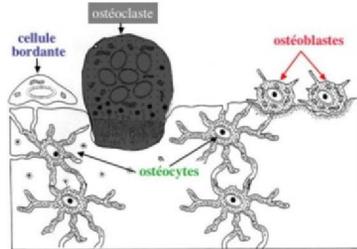


D' BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Tissu Osseux

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### Hormones régulatrices

❖ Le **contrôle hormonal** se fait **essentiellement** par 3 hormones :

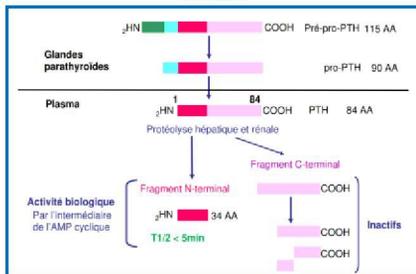
- ✓ La PTH
- ✓ La Calcitonine
- ✓ La Vitamine D3

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

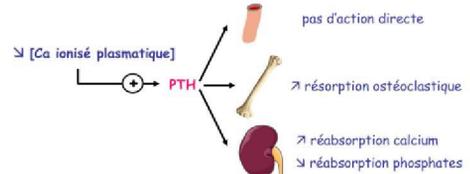
#### La PTH

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### La PTH



➔ PTH = hormone **HYPERCALCEMIANTE**  
**HYPOPHOSPHOREMIANTE**

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### La Calcitonine

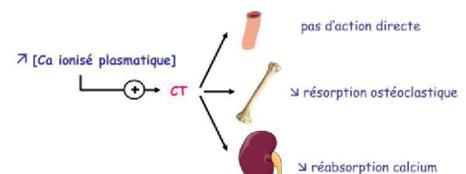
- ❖ Hormone peptidique de 32 AA
- ❖ Synthétisée sous forme de pro-hormone par les cellules C de la thyroïde (cellules parafolliculaires).

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### La Calcitonine



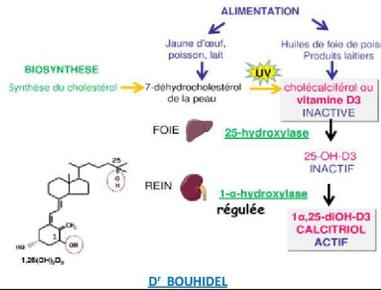
➔ CALCITONINE = hormone **HYPOCALCEMIANTE**

D<sup>r</sup> BOUHIDEL

## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

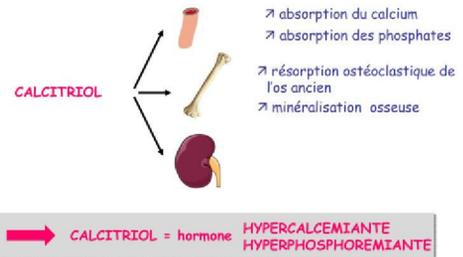
#### La Vitamine D



## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### La Vitamine D



## HOMEOSTASIE

### Le calcium et le phosphate

#### 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

D' BOUHIDEL

## EXPLORATION

D' BOUHIDEL

## EXPLORATION

### Exploration biologique de 1<sup>ère</sup> intention

#### A – Explorations biologiques de première intention

Sérum : - Ca = 2,15 à 2,55 mmol/l  
 - P = 0,8 à 1,5 mmol/l  
 - TRP = 100 x (1 - Cl P/Cl crea) = 0,80 à 0,95  
 - PAL = 30 à 130 UI/l

Urines : - Ca = 2 à 7 mmol/24h  
 - P = 15 à 30 mmol/24h

## EXPLORATION

### Exploration biologique de 2<sup>ème</sup> intention

#### B - Explorations biologiques de deuxième intention

Sérum : - Ca<sup>2+</sup>, PTH, vitamine D, calcitonine

- marqueurs de la formation osseuse : ostéocalcine, PAL osseuse, sous-produits de la synthèse collagénique = peptides d'extension C- et N- terminaux du procollagène de type I (PICP et PINP)
- marqueurs de la résorption osseuse : phosphatase acide tartrate résistante, fragments peptidiques des extrémités C- et N- terminales des molécules de collagène (CTX et NTX).

Urines : - AMPc (témoin indirect de l'activité de PTH)

- marqueurs de la résorption osseuse : produits de dégradation du collagène = hydroxyproline et molécules de pontage (PYR et DPD) C- et N-télopeptides (CTX et NTX).

## EXPLORATION

### Exploration fonctionnelles

#### C – Explorations fonctionnelles

- Test de charge à la PTH : réactivité des récepteurs à la PTH par le dosage de l'AMPC
  - Si réponse + = hypoparathyroïdie vraie
  - Si réponse - = pseudohypoparathyroïdie
- Test de charge en Ca
- Scintigraphie osseuse
- Scintigraphie des parathyroïdes (recherche d'une tumeur)

## VARIATIONS PATHOLOGIQUES

D' BOUHIDEL

## VARIATIONS PATHOLOGIQUES

### Variation de la calcémie

#### A – Variations de la calcémie

##### 1) Hypercalcémies

[Ca] > 2,60 mmol/l avec taux de protéides normal

#### Mécanismes :

- ↑ absorption intestinale
- ↑ réabsorption tubulaire
- ↑ ostéolyse

## VARIATIONS PATHOLOGIQUES

### Variation de la calcémie

#### Etiologies

##### • Hyperparathyroïdie primitive

= Production excessive et inappropriée de PTH

Pathologie féminine (6 contre 1)

Le plus souvent asymptomatique

3ème pathologie endocrinienne (après diabète et thyroïde).

80% cas adénome simple, 3% adénomes multiples, 15% hyperplasie glandulaire, 2% carcinome

#### Diagnostic: biologique

Sérum : Hypercalcémie, hypophosphorémie

PTH très ↑

Calcitriol ↑

PAL ↑

Urines : Hypercalciurie

Hyperphosphaturie

AMPc ↑

Si doute test de charge calcique (PTH reste élevée)

## VARIATIONS PATHOLOGIQUES

### Variation de la calcémie

#### • Cancers

Localisés au squelette : myélome multiple ou métastases osseuses de cancers primaires (sein, prostate) ⇒ ostéolyse

#### Diagnostic: biologique

Sérum : Hypercalcémie par ostéolyse locale ou sécrétion de « PTH like ou rP related polypeptide » (cancers larynx, poumons, utérus, rein)

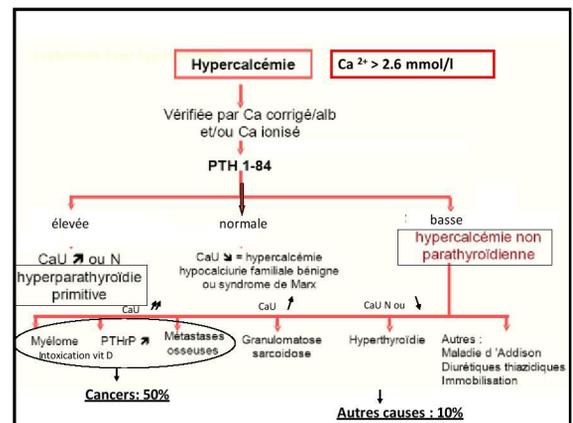
PTH ↓

Calcitriol ↓

Urines : Hypercalciurie

#### • Autres causes

- Hypervitaminose D (↑ absorption intestinale de Ca)
- Sarcoidose = maladie de système (↑ synthèse de calcitriol)
- hyperthyroïdie (↑ résorption osseuse)
- Immobilisation prolongée (↓ ostéogénèse)



## VARIATIONS PATHOLOGIQUES Variation de la calcémie

### 2) Hypocalcémies

[Ca] < 2,10 mmol/l avec taux de protéides normal

#### Mécanismes :

- ↓ Sécrétion ou résistance des organes cibles de la PTH
- Déficit en vitamine D
- Résistance des organes cibles de la vitamine D

#### Etiologies

- Insuffisance parathyroïdienne : PTH

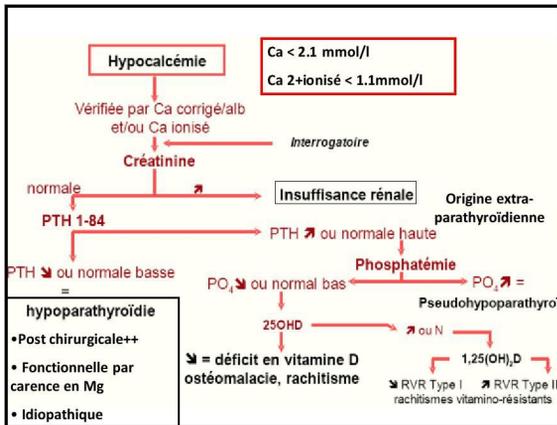
#### Diagnostic: biologique

- sérum : calcémie ↓
- phosphatémie ↓
- PTH ↑
- Urines : calcurie ↓
- AMPC ↓

## VARIATIONS PATHOLOGIQUES Variation de la calcémie

### - Origine non parathyroïdienne

- Résistance des cellules cibles à la PTH = pseudohypoparathyroïdie (os, reins), PTH ↑
- Déficit ou résistance à la vitamine D : rachitisme (enfant) ou ostéomalacie (adulte)
- Perturbations du métabolisme de la vitamine D par :
  - malabsorption
  - absence d'hydroxylation hépatique ou rénale
  - carence d'exposition au soleil
- IRC avec rétention P ⇒ hyperphosphatémie ⇒ hypocalcémie ⇒ ↑ sécrétion PTH ⇒ ↓ synthèse calcitriol ⇒ ↓ absorption intestinale de Ca ⇒ aggravation hypocalcémie
- Syndrome néphrotique : fuite vitamine D avec sa protéine de transport, hypoprotidémie.



## VARIATIONS PATHOLOGIQUES Variation de la phosphorémie

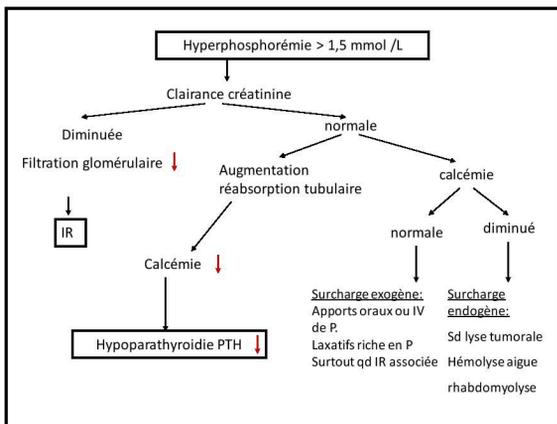
### 1) Hyperphosphorémie : > 1,5 mmol/l (sans hémolyse)

#### Mécanismes :

- ↓ DFG
- ↓ réabsorption rénale
- ↑ apports

#### Etiologies

- IR : ↓ filtration glomérulaire
- Maladies endocriniennes : hypoparathyroïdie (↓ PTH) et diabètes graves (↓ consommation du P par défaut d'utilisation du glucose : oses phosphates)
- Affections diverses : fractures multiples, intoxication par vitamine D.



## VARIATIONS PATHOLOGIQUES Variation de la phosphorémie

### 2 - Hypophosphorémies

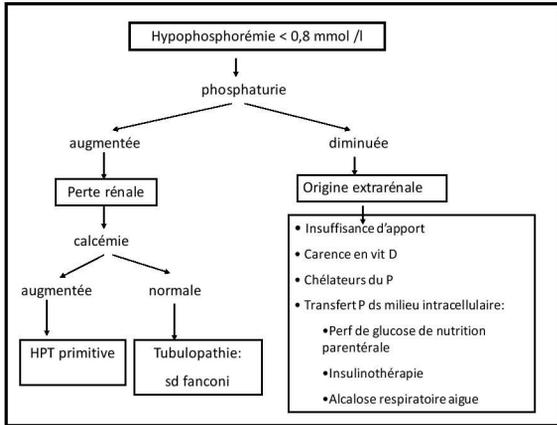
Phosphorémie < 0,8 mmol/l

#### Mécanismes :

- ↓ réabsorption tubulaire
- ↓ absorption intestinale

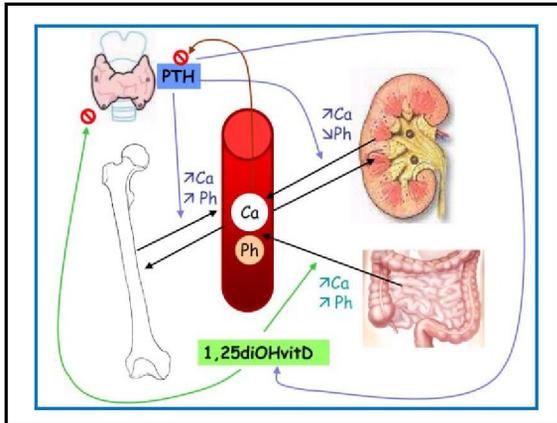
#### Etiologies

- Hyperparathyroïdie : ↑ PTH ⇒ ↓ réabsorption tubulaire de P
- Déficit en vitamine D : origine nutritionnelle, entéropathie avec atrophie de la muqueuse intestinale (hypovitaminose D), rachitisme vitamino-résistant (résistance périphérique des organes cibles de la vitamine D)
- Syndrome de Fanconi ou diabète phosphoglucoaminé (défaut de réabsorption Pi, Glu, AA, HCO<sub>3</sub>).



**CONCLUSION**

[D' BOUHIDEL](#)



**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

[D' BOUHIDEL](#)