


 Université Batna 2
 Département de médecine
 Faculté de médecine

**PHYSIOLOGIE
PHOSPHOCALCIQUE**

D^r BOUHIDEL
Année universitaire 2019-2020

PLAN GENERAL

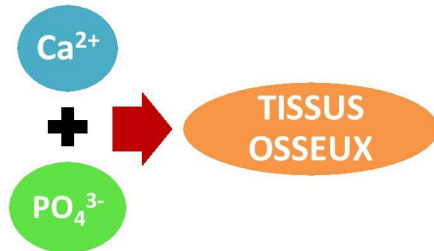
- I. ROLES ET BESOINS
- II. REPARTITION TISSULAIRE
- III. METABOLISME
- IV. HOMEOSTASIE
- V. EXPLORATION
- VI. VARIATIONS PATHOLOGIQUES
- VII. CONCLUSION

D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS

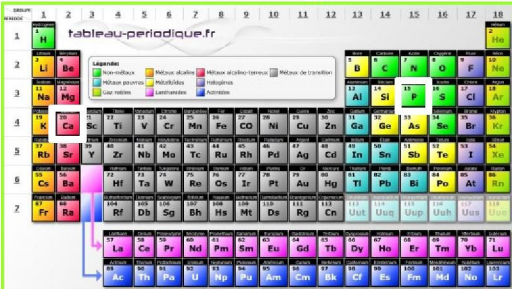
D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS
 Ca^{2+} et PO_4^{3-}



D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS
 Ca^{2+} et PO_4^{3-}



D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS
 Ca^{2+} et PO_4^{3-}

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^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS

Le Calcium, Ca^{2+}

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

D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS

Le Calcium, Ca^{2+}



Sources : Laits et laitage

D^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS

Le phosphate, 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^r BOUHIDEL

ROLES ET BESOINS

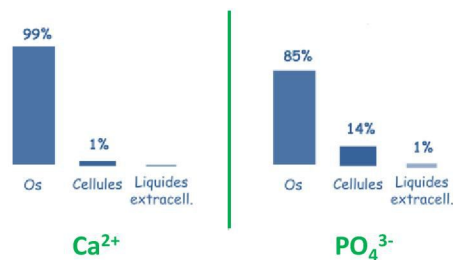
Le phosphate, PO_4^{3-}

Sources : Laits et laitage,
ceufs, viandes, céréalesD^r BOUHIDEL

REPARTITION TISSULAIRE

D^r BOUHIDEL

REPARTITION TISSULAIRE

D^r 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) :

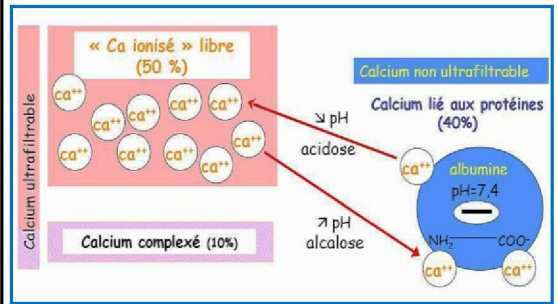
- Ca^{2+} (Calcium ionisé = forme active 50%,
- Calcium complexé (citrates...) 10%,
- Calcium lié aux protéines (albumine) 40%

✓ 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 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

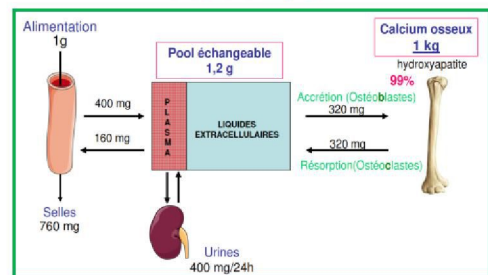
❖ Le **calcium** et le **phosphate** ont des **métabolismes différents** mais qui ont pour point commun une régulation tissulaire (tube digestif, rénale et osseuse) de type hormonale.

D' BOUHIDEL

METABOLISME

(sur 24h)

Le calcium, Ca^{2+}

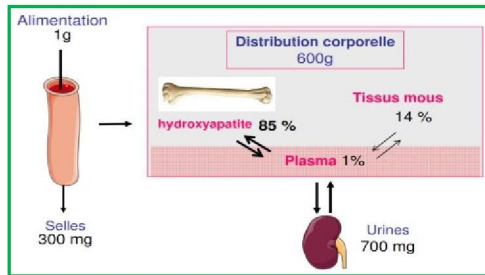


D' BOUHIDEL

METABOLISME

(sur 24h)

Le phosphate, 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 → **HYPOPHOSFOREMIANTE**

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.

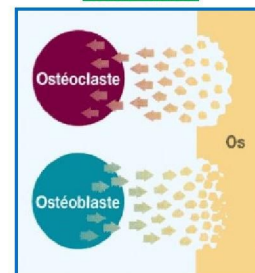
❖ Les **ostéoblastes** vont **ensuite fabriquer un os nouveau en comblant de protéines les lacunes** (formation osseuse). Ce tissu osseux jeune = tissu ostéoïde, va ensuite se calcifier (minéralisation osseuse).

D' BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

Tissu Osseux

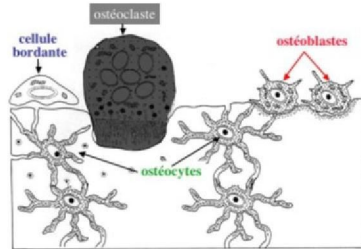


D' BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

Tissu Osseux

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

Hormones régulatrices

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

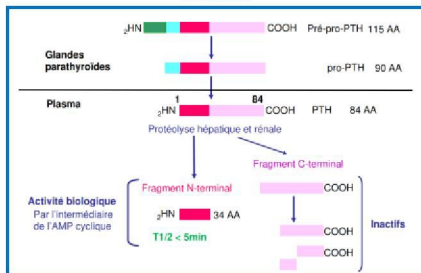
- ✓ La PTH
- ✓ La Calcitonine
- ✓ La Vitamine D3

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

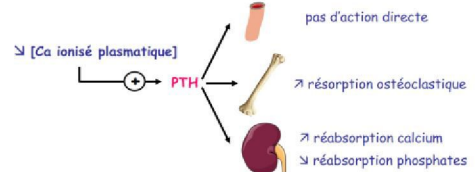
La PTH

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

La PTH



➔ PTH = hormone **HYPERCALCEMIANTE**
HYPOPHOSPHOREMIANTE

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

La Calcitonine

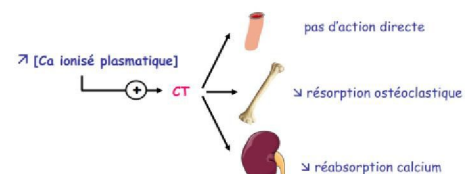
- ❖ Hormone peptidique de 32 AA
- ❖ Synthétisée sous forme de pro-hormone par les cellules C de la thyroïde (cellules parafolliculaires).

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

La Calcitonine



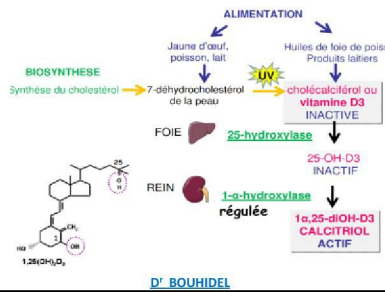
➔ CALCITONINE = hormone **HYPOCALCEMIANTE**

D^r BOUHIDEL

HOMEOSTASIE

Le calcium et le phosphate

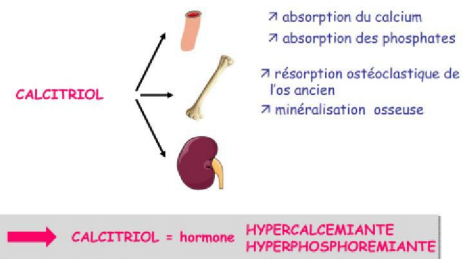
La Vitamine D



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^{ère} 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^{ème} intention

B - Explorations biologiques de deuxième intention

Sérum : - Ca²⁺, 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)

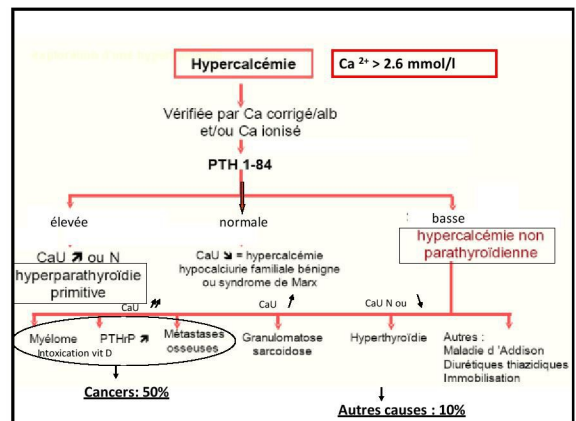
PTH ↓

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

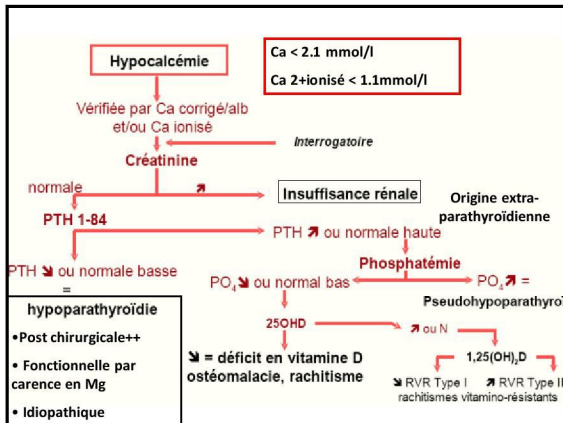
Diagnostic: biologique

- 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

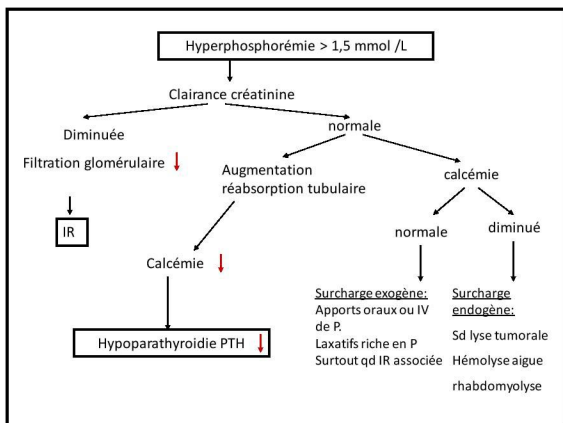
1) Hyperphosphorémie : > 1,5 mmol/l (sans hémolyse)

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

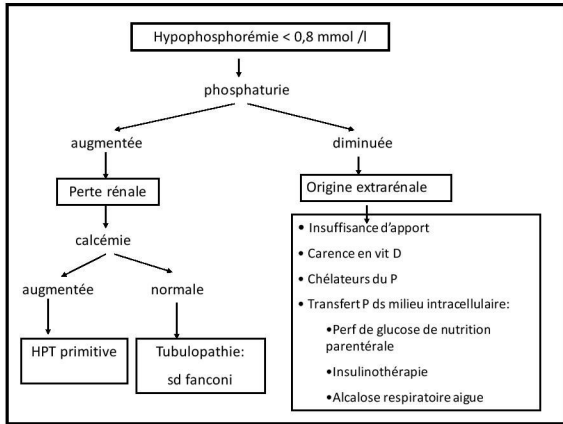
Phosphorémie < 0,8 mmol/l

Mécanismes :

- ↓ réabsorption tubulaire
- ↓ absorption intestinale

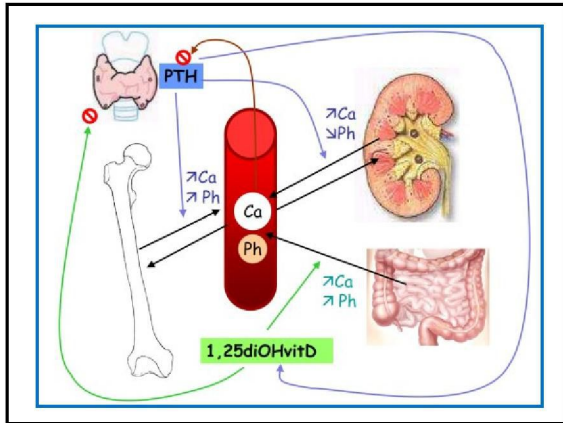
Etiologies

- 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, HCO₃).



CONCLUSION

[D' BOUHIDEL](#)



MERCI DE VOTRE ATTENTION

[D' BOUHIDEL](#)