Le Calcium en pratique

Laurence PIERONI

Service de Biochimie-Biologie Moléculaire

CHU de Nîmes

CNBH
Collège National de Biochimie des Hopitaux

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE

ACNBH
ASSOCIATION DES COLLOQUES
NATIONAUX DES BIOLOGISTES HOSPITALIERS

9e
JFBM
JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE

14 – 16 octobre 2026
CARRÉ DES DOCKS
Le Havre



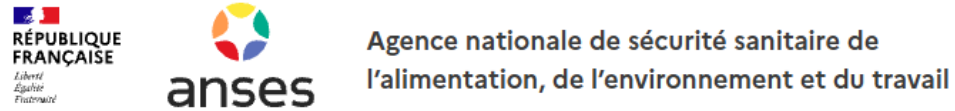
CARRÉ DES DOCKS
LE HAVRE NORMANDIE

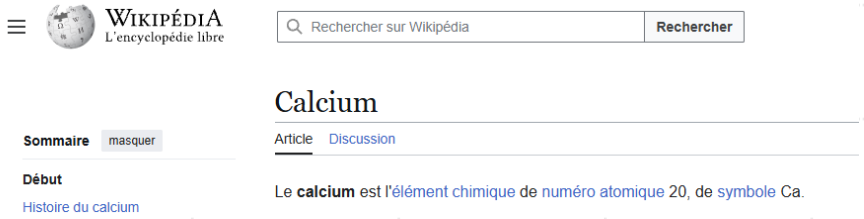
www.jfbm.fr

Conflit d'intérêt

L'auteur ne déclare aucun confit d'intérêt avec la thématique de cette présentation

Recherche Google











Le calcium est un minéral indispensable qui compose environ 1 à 2 % du poids corporel d'un adulte et se trouve à 99 % dans les os et les dents. [1, 2]

Rôles dans l'organisme

- **Solidité osseuse** : Il assure la formation et la conservation des os et des dents avec l'aide de la vitamine D.
- **Fonctions vitales** : Il aide à la contraction des muscles, au rythme cardiaque, à la transmission des nerfs et à la coagulation du sang. [1, 2]

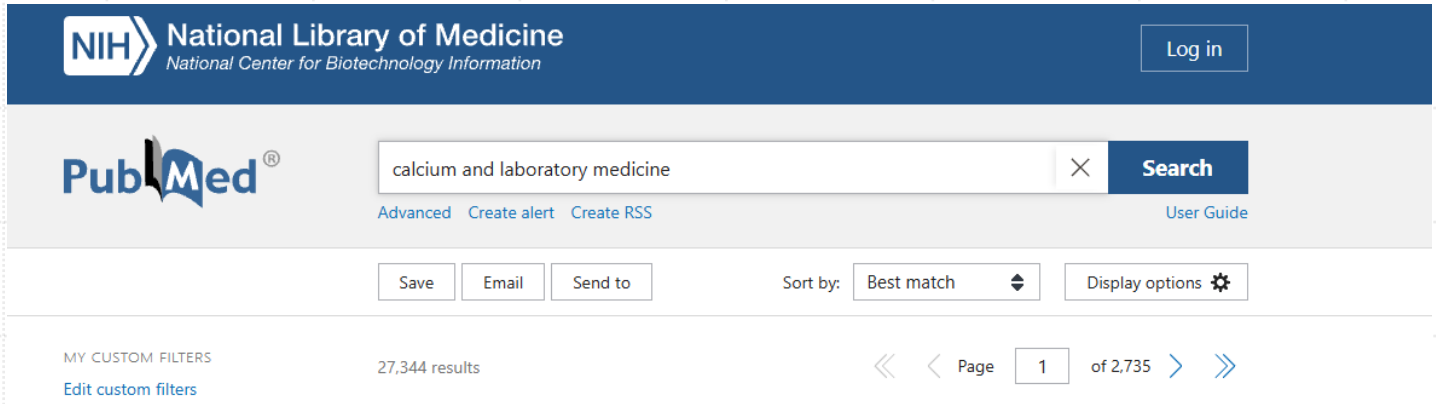
Apports journaliers recommandés

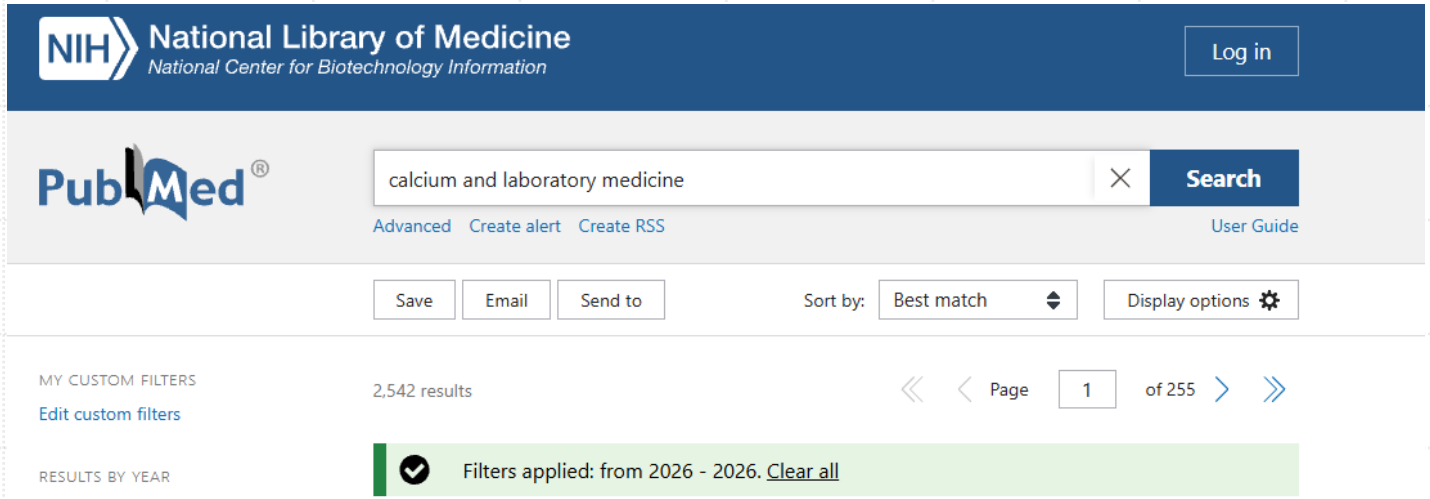
- **Adultes** : Environ 950 mg à 1 000 mg par jour selon l'âge.
- **Enfants et adolescents** : De 450 mg à 1 150 mg par jour selon la croissance. [1]

Sources alimentaires

- **Produits laitiers** : Les fromages durs (parmesan, emmental), les yaourts et le lait sont les plus riches.
- **Sources végétales et autres** : Les amandes, les sardines avec les arêtes, certains choux et des eaux minérales riches en calcium (Hépar ou Contrex). [1, 2, 3]

Recherche Pubmed





JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE

Le Calcium en pratique

- Répartition et rôles majeurs du calcium dans l'organisme
- Besoins et sources
- Régulation du métabolisme
- Désordres par carence et par excès
- Démarche diagnostique: les méthodes et l'interprétation
- Pièges
- Cas cliniques
- Points clés

Répartition dans l'organisme



Dans l'os

Le calcium et le phosphore se déposent sur la trame protéique sous forme d'hydroxyapatite

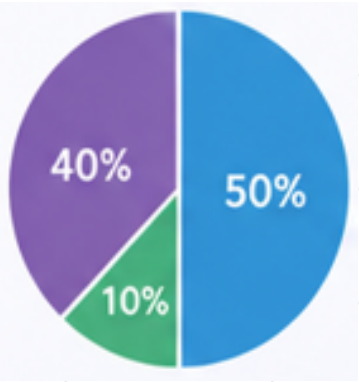
99% du calcium est dans l'os.
1% dans les cellules
<1% dans les liquides extracellulaires (plasma)



Dans le plasma

Calcémie normale: 2,2 - 2,6 mmol/L

3 formes de calcium dans le sang:



- **Calcium ionisé: Ca2+**
  - Forme libre active
  - Filtrable au niveau rénal
  - Régulé par des hormones
  - Dosable au laboratoire
- **Calcium complexé (citrates)**
  - Sous forme de sels
- **Calcium lié aux protéines (albumine)**
  - 40% du calcium total plasmatique

Rôles majeurs du calcium



Ca++

Calcium et phosphore sont essentiellement présents dans le **squelette** sous forme d'hydroxyapatite, conférant à l'os sa solidité

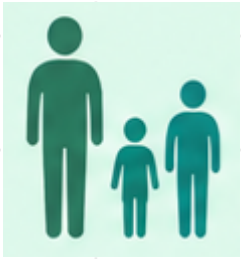
Excitabilité neuromusculaire:
- transmission du signal nerveux et contraction musculaire

Second messager intracellulaire:
- Voies de signalisation

Cofacteur enzymatique:
- Coagulation sanguine

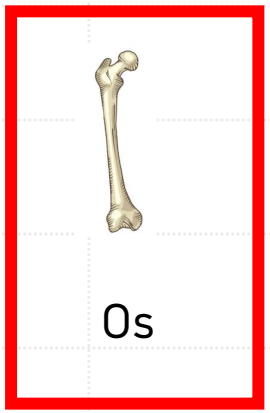
C Schmitt

Besoins et sources de calcium



Adultes: 1g/j
Enfants, adolescents (croissance)
Personnes âgées (résorption osseuse): 1,2g/j





Os



30 g Emmental: 356 mg
30 g Cantal: 291 mg



Verre de lait (100 mL): 114 mg



Eau: 533 mg/L



1 Yaourt (lait entier ou 0%): 189 mg



Sardines à l'huile (100 g): 400 mg
Sole (100g): 100 mg



Eau: 555 mg/L

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES DE BIOLOGIE MÉDICALE

Fardellone P, Sebert JL, Bouraya M, Bonidan O, Leclercq G, Doutrellot C, et coll. Evaluation de la teneur en calcium du régime alimentaire par autoquestionnaire fréquentiel. Rev Rhum 1991;58:99–103 (résumé sur GRIO.org)

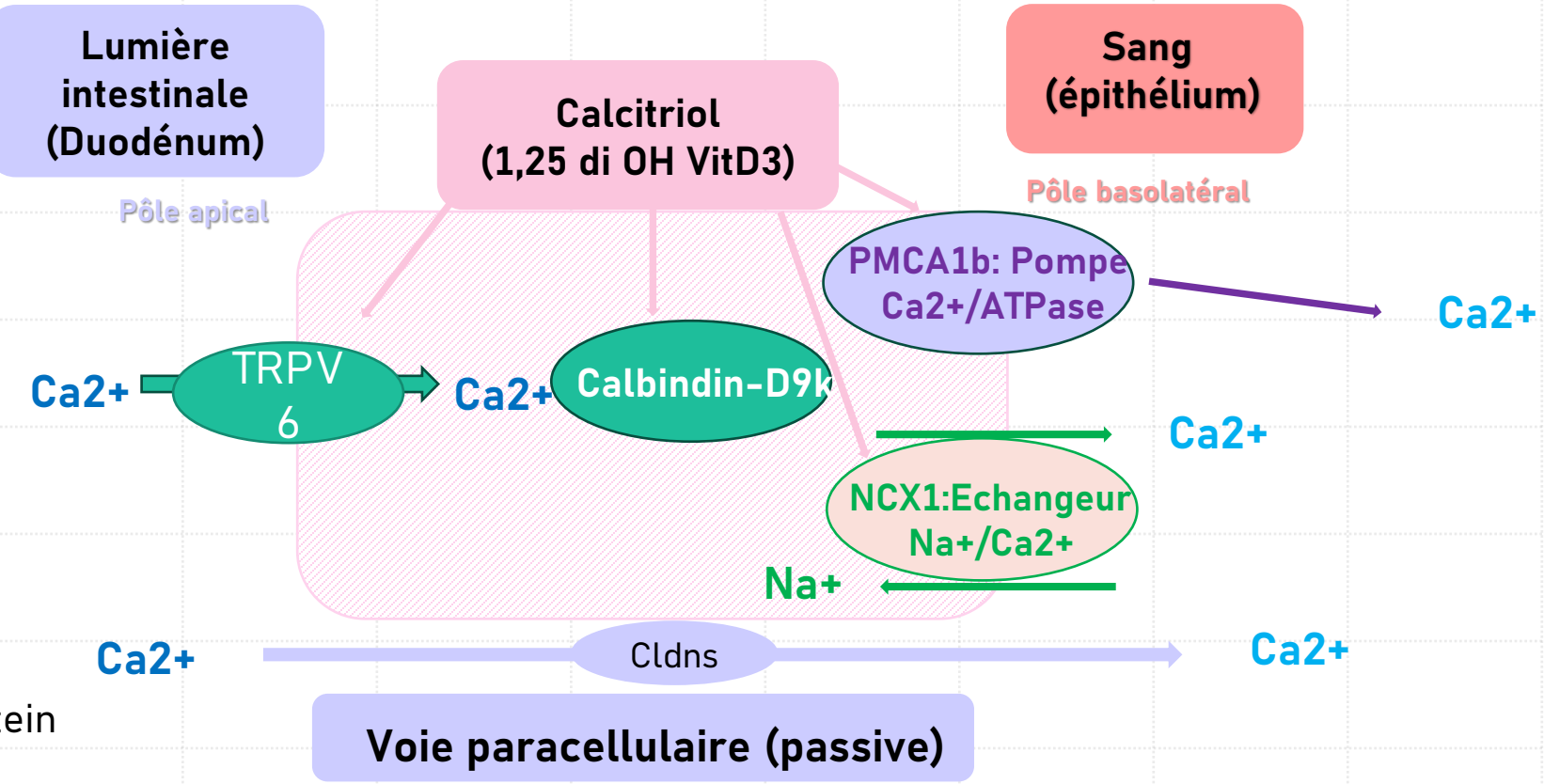
Régulation de l'homéostasie

Objectif:

Maintien de la calcémie dans des limites étroites, en préservant le squelette

3 organes: Intestin, rein, os **3 hormones:** Vit D3, PTH, calcitonine

1. Absorption intestinale



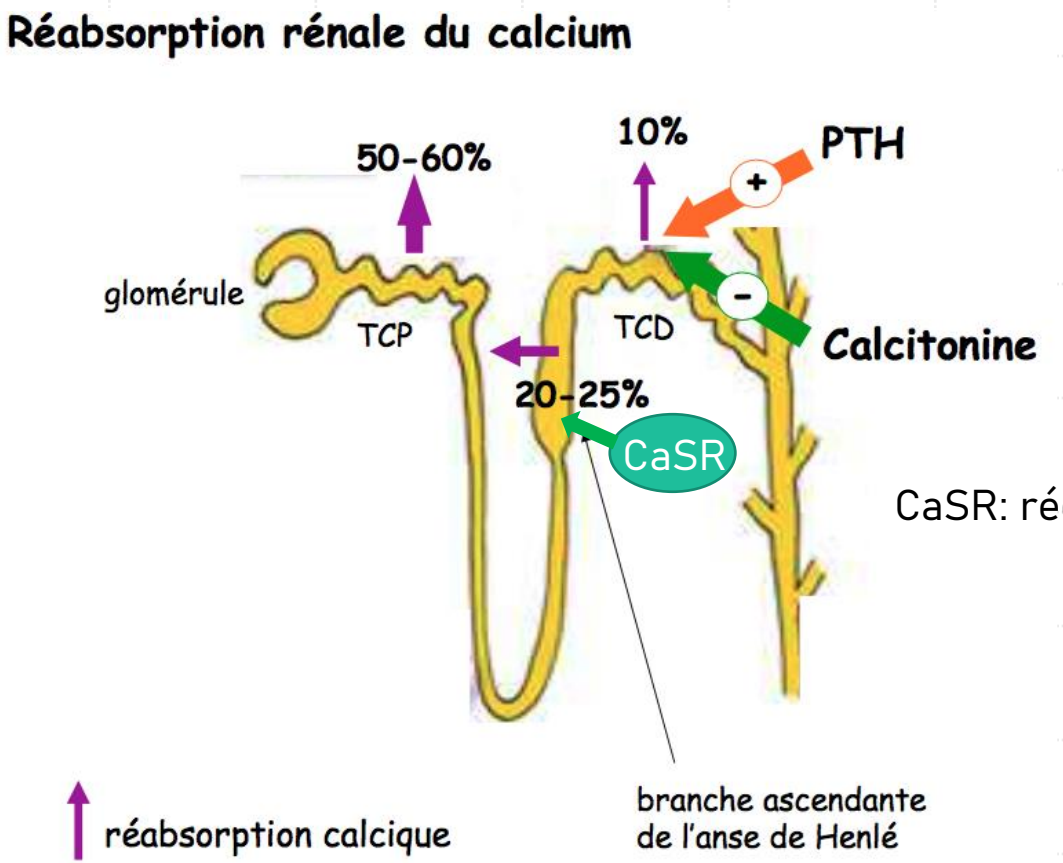
TRPV6: canal sélectif au Ca2+
Calbindin-D9k: Ca Binding Protein
Cldns: claudines

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES DE BIOLOGIE MÉDICALE

Diaz de Barboza G, Molecular aspects of intestinal calcium absorption. 2015;21(23):7142–7154. doi: 10.3748/wjg.v21.i23.7142

Régulation de l'homéostasie

2. Régulation rénale de l'élimination



CaSR: récepteur sensible au Calcium

Régulation de l'homéostasie

3. Remodelage osseux

Formation osseuse

Production d'ostéide riche en collagène

Ca2+ → Thyroide

Calcitonine

\+ : OPG

\- : Ostéoclastes

Ostéoblastes

= Calcium

Ostéoblastes

Ostéocytes

Résorption osseuse

Ca2+ → Glandes parathyroides

PTH

\+ : Ostéoblastes

\- : RANKL

Maturation des précurseurs en ostéoclastes: résorption et libération de Ca2+ et Phosphore

Activation

Inactivation

Processus rapide

OPG: ostéoprotégérine
RANKL: ligand de l'activateur du récepteur du facteur nucléaire KappaB

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES DE BIOLOGIE MÉDICALE

Boyce BF, Xing L. Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling. Arch Biochem Biophys. 2008 May 15;473(2):139-46. doi: 10.1016/j.abb.2008.03.018.

Régulation hormonale de l'homéostasie calcique

Peau

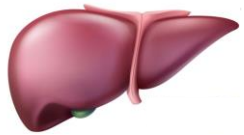


7-Déhydrocholestérol

UV

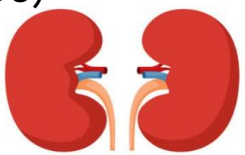
Cholécalciférol (VitD3)

25 Hydroxylase

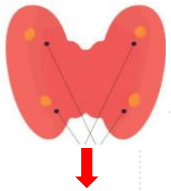


25 hydroxycholécalciférol
(ou calcidiol ou 25(OH)2D3)

1α Hydroxylase



Glandes parathyroïdes



PTH

1. PTH

Hypercalcémiante et hypophosphatémiante



Ostéoclastes

Résorption osseuse

Calcémie ↗

Calcitriol
1,25(OH)2VitD3 ↗



↗ Réabsorption tubulaire Calcium

↗ Absorption Calcium

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE

Warren T, et al. The Interdependency and Co-Regulation of the Vitamin D and Cholesterol Metabolism.
Cell 2021;10(8):2007. doi: 10.3390/cells10082007

Régulation hormonale de l'homéostasie calcique

2. Calcitonine

Hypocalcémiante

Calcémie ↗

Cellules C

Glande thyroïde

Calcitonine

\- Réabsorption tubulaire

Elimination urinaire ↗

\- Résorption osseuse

Calcémie ↘

Activation

Inactivation

Régulation hormonale de l'homéostasie calcique

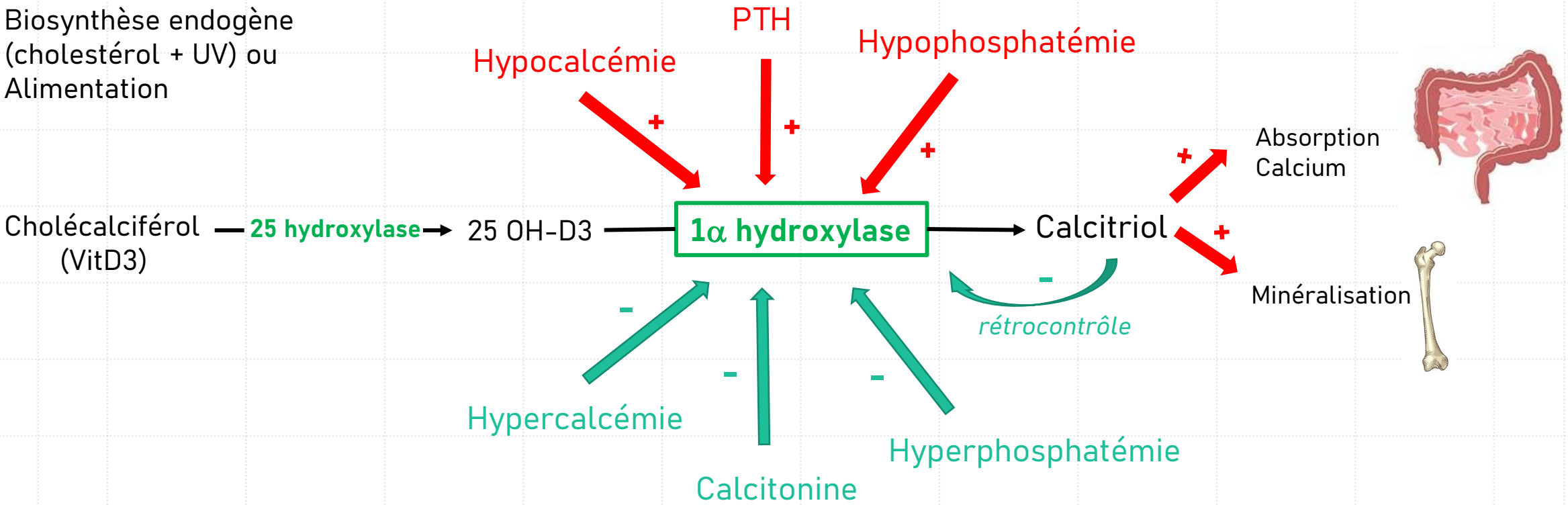
3. Calcitriol

Hypercalcémiante et hyperphosphatémiante





Biosynthèse endogène (cholestérol + UV) ou Alimentation



Courbebaisse M et al. Equilibre phosphocalcique : régulation et explorations. Néphrol. Therap. 2011; 7:118-138

Régulation hormonale de l'homéostasie calcique

4. Estrogènes

Protection de l'os:
Stimulation de l'absorption
Inhibition de la résorption
Rôle dans l'ostéoporose post ménopause

5. Cortisol

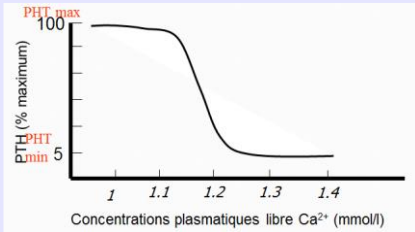
Stimule la résorption osseuse:
Effet délétère sur la minéralisation de l'os
Rôle dans l'ostéoporose secondaire

Schéma récapitulatif

Hypocalcémie → ↗ **PTH**

→ Rein + Os + Calcitriol

→ ↗ **Ca2+**



Hypercalcémie → ↘ **PTH**

→ ↘ Calcitriol

→ ↘ Absorption-réabsorption-résorption

Variations pathologiques du Calcium

Hypercalcémies

Signes

- Digestifs 
- Neurologiques 
- Cardiovasculaires 

Etiologies

- Néoplasies (60%: métastases, myélome, PTHrp)
- Hyperparathyroïdie I (25%)
- Intoxication à la Vitamine D
- Immobilisation prolongée

- Hypercalcémie hypocalciurique familiale AD (CaSR inactif)
- Hyperparathyroïdie I sévère néonatale (mutations inactivatrices homozygotes)

Hypocalcémies

Signes

- Hyperexcitabilité neuromusculaire 

Etiologies

- Déficit en Vitamine D ou Calcium
- Malabsorption
- Insuffisance rénale
- Hypoparathyroïdie I ou post-chirurgicale
- Pseudo hypoparathyroïdie

- Hypocalcémie hypercalciurique AD (activation permanente du gène CaSR)

Souberbielle JC. Métabolisme de la vitamine D ; focus sur ses effets phospho-calciques et osseux. Cahiers de nutrition et de diététique 59 (2024) 92—101.

Démarche diagnostique

Au laboratoire



Calcium, phosphore
Calcium ionisé
Albuminémie
Créatininémie et DFG
PTH
Vitamine D
Calcitriol



Calciurie
Créatininurie



Calciurie des 24h
Phosphaturie des 24h

Calcium total:
Réaction colorimétrique
dans le visible

Calcium ionisé:
Mesure potentiométrique/
électrode de référence

Calciurie:
Réaction colorimétrique
dans le visible

Autres techniques d'exploration

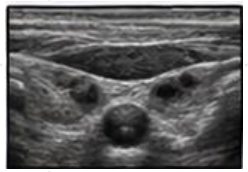


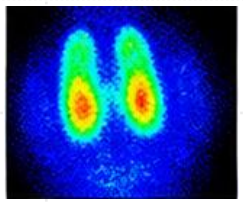
ECG



Radiographies
Ostéodensitométrie

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE





Echographie-scintigraphie
des glandes parathyroïdiennes

Pièges de l'exploration

Méthode de dosage

Forme totale, liée aux protéines
Dosage automatisé, disponible dans la plupart des laboratoires



Forme ionisée, libre, active
Dosage moins disponible, possible sur analyseurs de GDS, en biologie délocalisée



Préanalytique



~~EDTA TriK, [illegible]ate, Fluorure, Oxalate~~
Complexe le Ca2+: fausse hypocalcémie (K+ très élevé)



Tube sec, avec ou sans activateur, Héparinate de Li: Recommandés





Tube ou seringue GDS
Héparinate de Li: Recommandés
Maintenus bouchés jusqu'à analyse, délai contraint

JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES
DE BIOLOGIE MÉDICALE

Postanalytique

Attention au pH

Attention aux protéines, à l'albumine

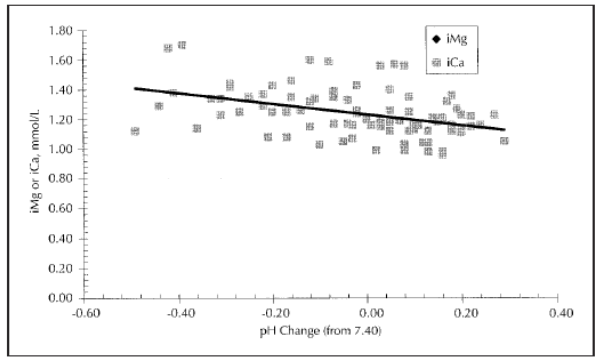
Causes	Calcium lié aux protéines	Calcium ionisé	Calcium total
Hypoalbuminémie	↘	N	↘
Hyperalbuminémie	↗	N	↗
Acidose aiguë	↘	↗	N
Alcalose aiguë	↗	↘	N

Interprétation de la calcémie



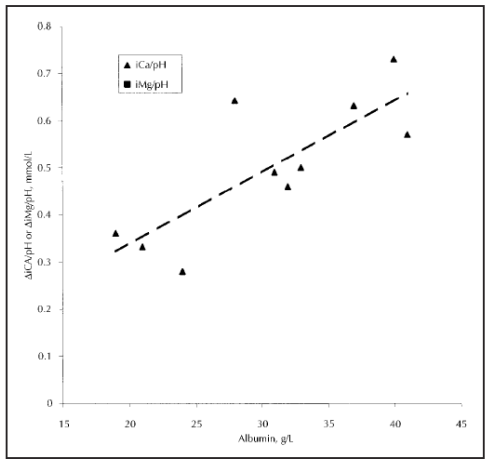
Calcémie corrigée = Calcémie mesurée + 0,02 (40 – Alb)

Payne RB. Interpretation of serum calcium in patients with abnormal serum proteinq. BMJ 1973; 4: 643-646.



Influence de l'albumine:

- Alb ↗ Ca T ↗ Ca2+ ⟶



Patient 1 ayant une calcémie de **2,50 mmol/L** et une albuminémie de **42 g/L** aura une **calcémie corrigée** de **2,45 mmol/L** → sa **calcémie est normale.**

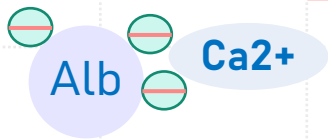
Patient 2 avec une calcémie plasmatique de **2,50 mmol/L** et une albuminémie de **28 g/L** aura une **calcémie corrigée** de **2,80 mmol/L** → **hypercalcémie** : fraction liée au protéines est basse, donc fraction libre/active est élevée.

Patient 3 ayant une calcémie de **1,96 mmol/L** et une albuminémie de **28 g/L** aura une **calcémie corrigée** de **2,26 mmol/L** → **sa calcémie est normale** : il y a très peu de protéines donc la partie liée/inactive est diminuée.

Influence du pH:

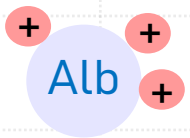
Ca T ⟶ Ca2+ ↗ ou ↘

Alcalose



Hypocalcémie

Acidose



Hypercalcémie

Ca2+

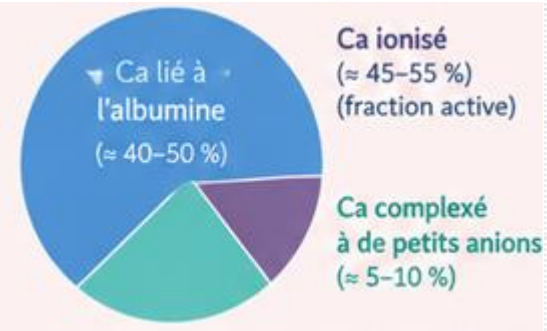
JFBM
9e JOURNÉES FRANCOPHONES DE BIOLOGIE MÉDICALE

Wang S. Effet du pH sur la mesure du calcium et du magnésium ionisés dans le sang. Arch. Pathol. Lab. Med. 2002; 126: 947-950

Interprétation de la calcémie: la controverse du calcium corrigé

Année	Equation	Formule de correction du calcium
1935	McLean - Hastings	$Ca = Ca_{tot} - 0,122 \times PT - 0,006 + 0,5 \times (0,024 \times Ca_{tot} + (0,122 \times PT - Ca_{tot} + 0,006)^2)^{0,5}$
1954	Zeisler	$Ca = ((250,5 \times Catot) - (0,375 \times PT)/(4,01 \times PT + 260,52)$
1964	Hanna	$Ca = (118 \times Catot) / (PT + 118)$
1976	Pottgen	$Ca = (721,5 \times Ca_{tot} - ((0,19 \times PT) + Alb) / (120,24 \times ((0,19 \times PT) + Alb) + 721,5$
1983	Siggaard	$Ca = 0,8333 \times Ca^{2+}$
1984	Butler	$Ca = 0,005 \times Alb + 0,98$
2005	Laxmayya	$Ca = Ca_{tot} - (0,8 \times Alb + 0,2 \times Glob)$
2015	Mateu de Antonio	**1** : $Ca = 0,815 \times Ca_{tot}^{0,5}$
		2: $Ca = 0,826 \times Ca_{tot}^{0,5} - 0,023 \times Cr$
		3: $Ca = 0,813 \times Ca_{tot}^{0,5} - 0,006 \times Alb^{0,75} + 0,079$
2019	Constable	**1**: $Ca = (118 \times Ca_{tot}) / (PT + 118)$
		2: $Ca = 3,0 + (0,172 \times Ca_{tot}) - (0,308 \times pH)$
		3: $Ca = 2,03 + (0,183 \times Ca_{tot}) - (0,233 \times pH) + 0,0039 \times Cl$

D'après Bigot E. Calcium ionisé: comparaison des résultats obtenus entre les formules de calcul et la mesure réalisée sur sérum ou sur plasma hépariné, JFBM 2025



Méthode	Concordance avec Ca ionisé
Calcium total non corrigé	74,5 %
Calcium corrigé – formule originale de Payne	63,0 %
Calcium corrigé – Payne simplifiée	58,7 %

Desgagnès N. Use of Albumin-Adjusted Calcium Measurements in Clinical Practice. JAMA Netwok Open, 2025; 8:e2455251;DOI: 10.1001

Lorsque la relation entre calcium total et calcium ionisé est perturbée par le pH, les protéines, l'insuffisance rénale ou l'inflammation, cette correction peut au contraire augmenter le risque de mauvaise classification.

Cavalier E. Albumin-adjusted ("corrected") calcium should no longer be reported: a position statement from the Joint IOF Working Group and IFCC Committee on Bone Metabolism and EFLM Committee on CKD Clin Chem Lab Med 2026; 64(8): 1719–1721

Interprétation de la calciurie

Hypercalciurie de concentration

CaU > 3,8 mmol/L:
Sursaturation des urines (risque de calcul)

Hypercalciurie de débit

CaU des 24h > 0,1 mmol/kg/J:
Vraie (cause digestive, rénale, osseuse)

Fausse (excès de sel, de protéines)

CAT: éliminer les fausses hypercalciuries

Enquête alimentaire:
Protéines
Hydrates de carbone
Sel (25 mmol de NaU = 1 mmol de CaU)
Calcium: apports faibles masquent l'hypercalciurie

Vérifier le recueil urinaire: +++
Dosage de créatininurie, natriurèse, urée urinaire

Corriger les apports en sel et protéines avant de conclure

Tostivint I, Séminaire LUNNE, Paris 2010

1er Cas: Mr DD

GAZ DU SANG

Gaz du sang veineux

Automate ABL90® Flex Plus, Radiometer

pH	7.35			7.31-7.42	7.36	28/09/2026 06:27
Calcium ionisé	**1.47**	▲	mmol/l	1.15-1.35	1.49	28/09/2026 06:27

BIOCHIMIE DU SANG

***« A compter du 12 Novembre 2025, changement des méthodes analytiques et des valeurs de référence: bascule des automates* Cobas (Roche) et Isys (IDS) vers les automates Atellica (Siemens)et Liaison XL (Diasorin) »**

IONOGRAMME

Potentiométrie indirecte (Automate Atellica®, Siemens)

Sodium	139		mmol/l	136-145	142	28/09/2026 06:27
Potassium plasmatique	4.1		mmol/l	3.5-4.5	4.1	28/09/2026 06:27
Chlore	**111**	▲	mmol/l	98-107	111	28/09/2026 06:27

BIOCHIMIE STANDARD

Bicarbonates *Automate Atellica®, Siemens*	22.0		mmol/l	20.0-31.0	22.9	28/09/2026 06:27
Trou anionique sang	**10.1**	▼	mmol/l	12.0-20.0	12.2	28/09/2026 06:27
Créatinine *Automate Atellica®, Siemens (méthode enzymatique)*	**206.9**	▲	µmol/l	65.0-104.0	205.3	28/09/2026 06:27
CKD-EPI (DFG estimé)	**24.1**	▼	ml/min/1.73m2	>90.0	24.3	28/09/2026 06:27
Urée *Automate Atellica®, Siemens*	**10.4**	▲	mmol/l	3.2-8.2	10.9	28/09/2026 06:27
Acide urique *Automate Atellica®, Siemens*	261		µmol/l	220-547		
Calcium *Automate Atellica®, Siemens*	**2.70**	▲	mmol/l	2.18-2.60	2.68	28/09/2026 06:27
Phosphore *Automate Atellica®, Siemens*	**0.35**	▼	mmol/l	0.78-1.65	0.50	28/09/2026 06:27

	Résultats		Unités	Val. Référence	Antériorités	
Albumine *Colorimétrie Pourpre de bromocrésol (Atellica®, Siemens)*	**33.3**	▼	g/L	34.0-50.0	30.8	28/09/2026 06:27

Par rapport à notre ancienne méthode (Cobas®, Roche), un biais systématique de moins 4 g/L a été observé.

Haptoglobine *Automate Atellica®, Siemens*	1.42		g/L	0.30-2.00
LDH *Technique IFCC (Automate Atellica®, Siemens)*	182		UI/L	120-246

METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

Parathormone *PTH intacte (IIe génération) Chimiluminescence (Automate Atellica®, Siemens)*	**<5**	▼	ng/l	18-80
25 OH Vitamine D *Chimiluminescence (Automate Liaison®, Diasorin)*	90		nmol/l	>75
1.25 OH Vitamine D *Chimiluminescence (Automate Liaison®, Diasorin)*	**12.3**	▼	pg/ml	19.9-79.3

1er Cas: Mr DD

Anomalies:

Calcium total: hypercalcémie
Ca2+: Confirme l'hypercalcémie
Albumine: hypoalbuminémie
Phosphore: hypophosphatémie importante
PTH: supprimée
25 OH VitD: normale
Calcitriol: diminuée
Créatinine élevée et DFG diminué

Raisonnement:
hypercalcémie et PTH effondrée
→ élimine l'hyperparathyroïdie primitive
oriente vers hypercalcémie PTH indépendante
? Vit D: 25 OHD N et 1.25 OH2D basse
→ élimine intoxication à la vitamine D
? Phosphore: bas
→ oriente vers un mécanisme PTH like (PTHrp)
en défaveur d'une cause rénale malgré
la créatinine élevée (tendance à l'hyperphosphatémie)

→ Patient suivi pour LLC B depuis 20 ans
MRC sur néphropathie TI
Mécanisme paranéoplasique retenu

2ème Cas: Mme PN

GAZ DU SANG

Gaz du sang veineux

Automate ABL90® Flex Plus, Radiometer

pH	**7.24**	▼		*7.32-7.43*
Calcium ionisé	**0.93**	▼ mmol/l		*1.15-1.35*

BIOCHIMIE DU SANG

***« A compter du 12 Novembre 2025, changement des méthodes analytiques et des valeurs de référence: bascule des automates* Cobas (Roche) et Isys (IDS) vers les automates Atellica (Siemens)et Liaison XL (Diasorin) »**

BIOCHIMIE STANDARD

Calcium *Automate Atellica®, Siemens*	**1.87**	▼ mmol/l	2.18-2.60	*2.18*	*25/03/2024 11:45*
Phosphore *Automate Atellica®, Siemens*	**2.81**	▲ mmol/l	0.78-1.65	*1.83*	*25/03/2024 11:45*

METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

Parathormone *PTH intacte (IIe génération) Chimiluminescence (Automate Atellica®, Siemens)*	**719**	▲ ng/l	18-80	*318*	*25/03/2024 11:45*

2ème Cas: Mme PN

Anomalies:

pH acide
Calcium total: hypocalcémie
Ca2+: Confirme l'hypocalcémie
Albumine: hypoalbuminémie
Phosphore: hyperphosphatémie
PTH: hyperparathyroïdie

Raisonnement:

hypocalcémie et PTH très élevée
→ élimine l'hypoparathyroïdie primitive
? Phosphore: élevé
→ oriente vers une cause rénale car l'élimination du phosphore n'est pas correcte
Hyperparathyroïdie secondaire à une IRC
? Acidose
Cohérente avec IRC et acidose métabolique

Bilan complémentaire:
Créatinine : 376 µmol/L et DFG: 14 ml/min/1.73m2
(patiente de CE néphrologie)

→ Patiente greffée rénale
Hyperparathyroïdie sur adénomes parathyroïdiens

Ce qu'il faut retenir

1 Le calcium ionisé répond à la question physiologique
2 Regarder l'albumine
3 Le calcium corrigé reste une estimation, basée sur des formules anciennes non testées contre le calcium ionisé
4 Calcémie et PTH s'interprètent ensemble
5 La vitamine D active est le calcitriol mais la 25 OH D est utile pour évaluer le statut vitaminique en dépistage
6 Le dosage du calcitriol est indiqué dans l'IRC, l'hypoparathyroïdie, les troubles phosphocalciques
7 Vérifier le pré-analytique du calcium total et ionisé et le recueil urinaire de 24h (créatininurie, volume) pour la calciurie
8 Interpréter l'ensemble du système de régulation:

Parathyroïdes
Rein
Intestin
Os

Merci pour votre attention,

et penser à évaluer cet atelier sur l'application !

