

DÉFICITS MICRONUTRITIONNELS COURANTS

FOCUS SUR DEUX MICROMINÉRAUX ESSENTIELS

ARL Journée de Printemps

05 mars 2026

Dr. Gaël Hauser
FAMH Chimie Clinique
gael.hauser@ne.ch

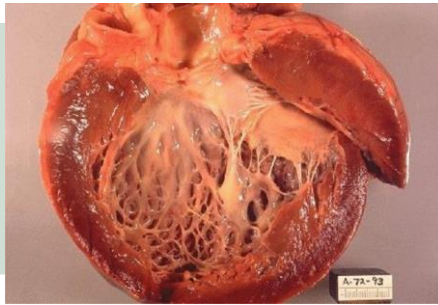


Chine, 1935

Province de
Heilongjiang

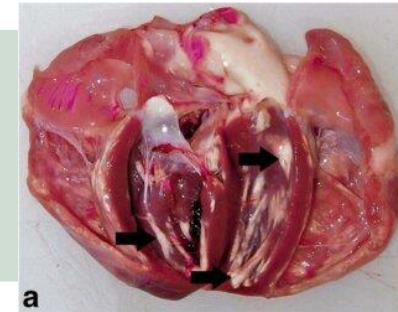
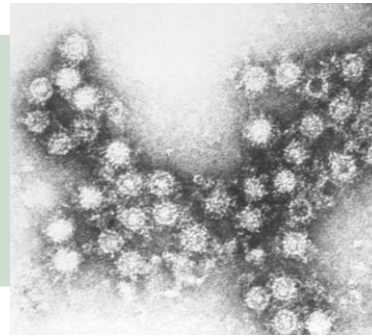
1935 1^{er} cas identifié de maladie de Keshan (KD)

- Oppression thoracique
- Arythmie sévère
- Insuffisance cardiaque
- Mortalité élevée (>80%)



1960 : théorie Coxsackievirus B3

- Fréquemment retrouvé chez les patients KD



Post-1964
théorie du déficit en Se

1956 : théorie *Fusarium*

- Mycotoxines plus élevées dans céréales des zones avec KD

1964 : identification «white muscle disease» chez les animaux

- Similarités avec KD
- **Déficit en Se**

SÉLÉNIUM ET MALADIE DE KESHAN (KD)



Sélénium du sol

Régions endémiques à KD

Comté de Keshan

Supplémentation en sélénium (sel de table) 1983 - 1993 :
Diminution incidence annuelle de 25.2 → 2.7 par 100'000

Cheng YY, Qian PC. The effect of selenium-fortified table salt in the prevention of Keshan disease on a population of 1.05 million. *Biomed Environ Sci.* 1990 Dec;3(4):422-8.

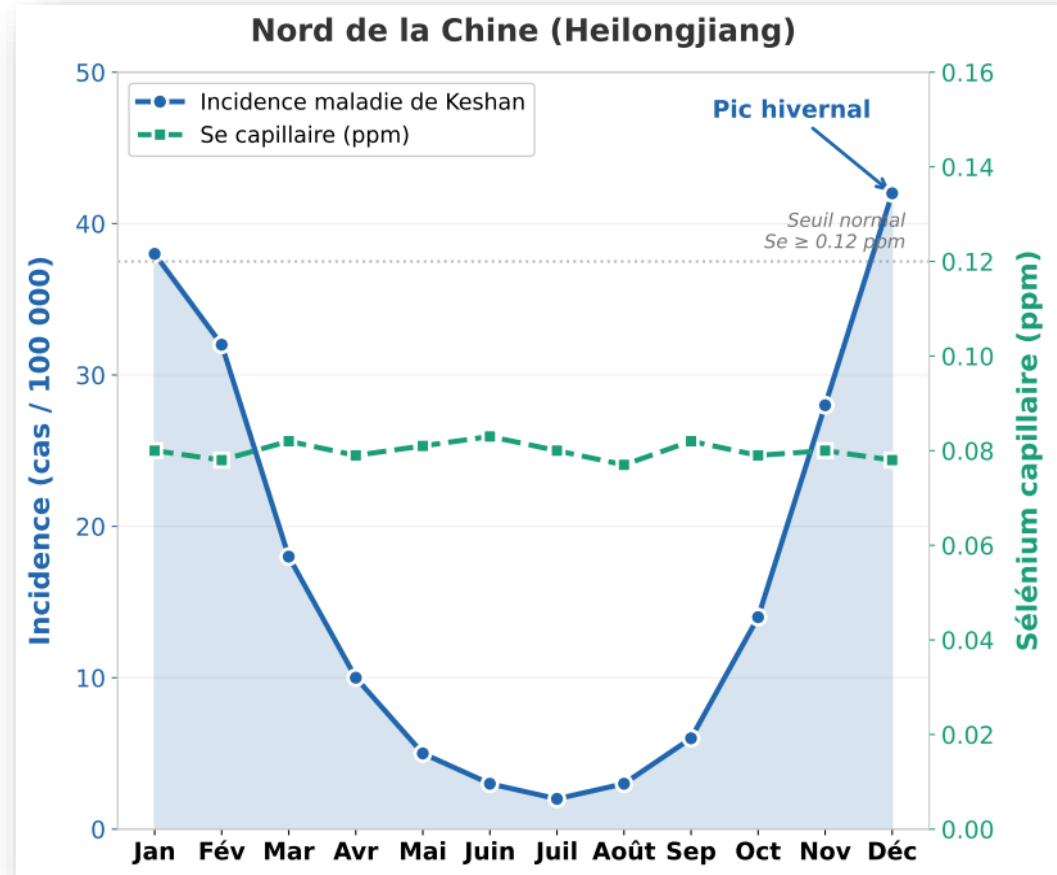
(mg/kg)

- Se-deficient
- Se-marginal
- Se-sufficient
- Se-rich
- Se-excessive
- No data or desert

Data up to 2017

- Keshan disease
- Kaschin-Beck disease
- Keshan and Kaschin-Beck diseases

CARENCE EN SÉLÉNIUM : LA SEULE CAUSE ?



Graphique d'illustration – valeurs estimées (2)

KD : Fluctuations saisonnières

➔ cause infectieuse ?

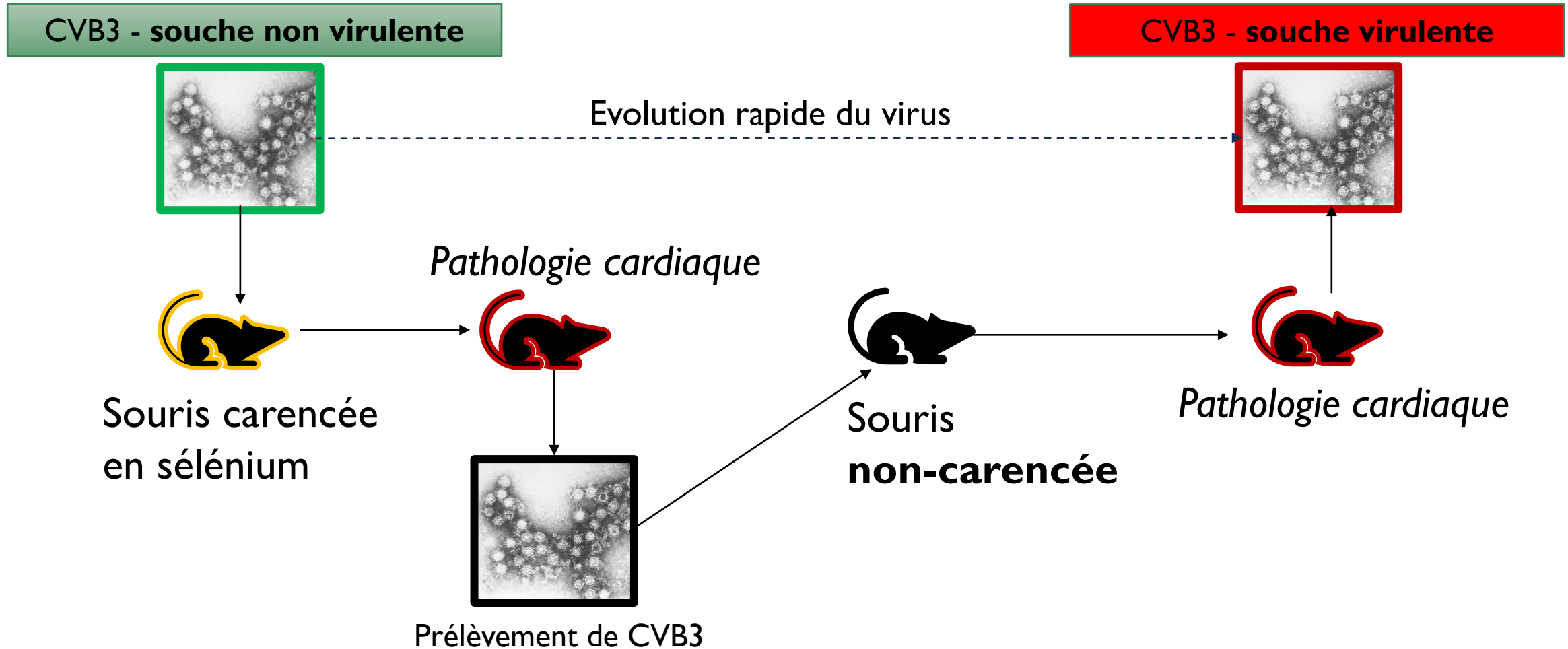
- séroprévalence Coxsackievirus B3 (CVB3) élevée chez les malades
- **myocardite** = complication possible d'une infection à CVB3

(1) Sun S., Yin T., Wang H., You D., and Yang G. (1980). « The relationship between seasonal prevalence of Keshan disease and hair selenium of inhabitants. » *Chinese Journal of Preventive Medicine (Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi)*, **14**(1): 17.

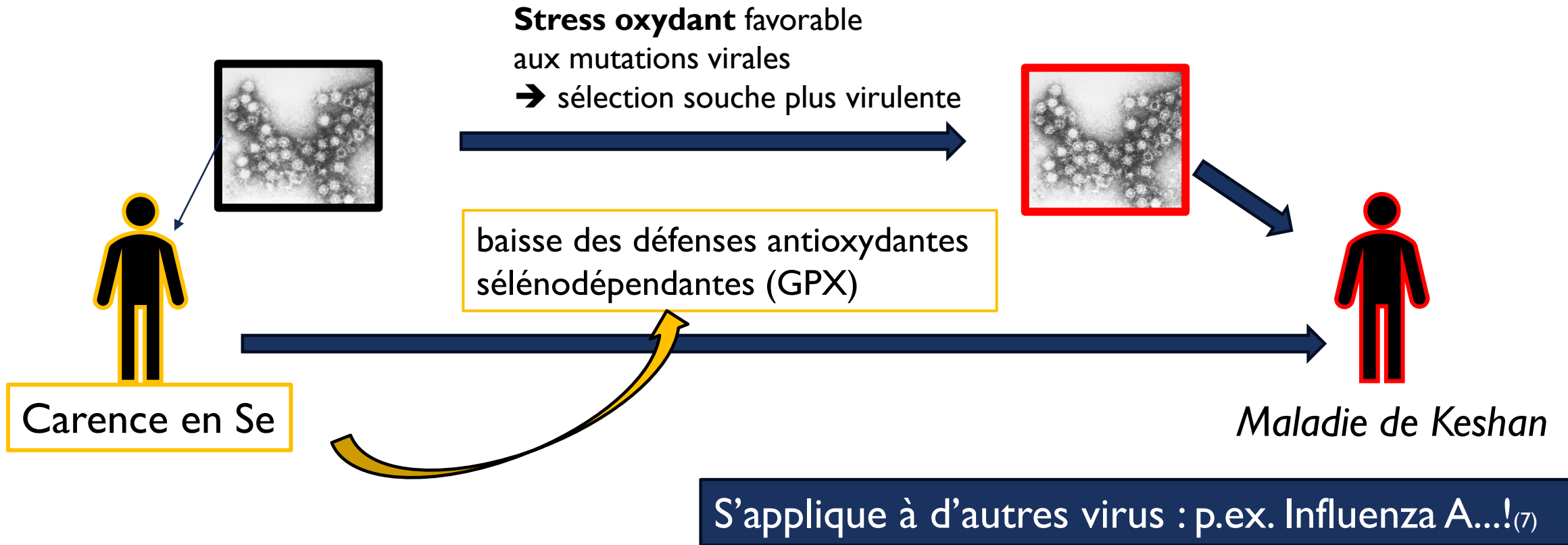
(2) Sun et al. (1980) *Chinese J. Prev. Med.* ; Yang et al. (1984) *Adv. Nutr. Res.* 6:203 (PMID: 6507187) ; Shi et al. (2021) *Front. Pediatr.* 9:576916

INTERACTION HÔTE-PARASITES : UN NOUVEAU PARADIGME

TRAVAUX DE MELINDA A. BECK ET AL., 1994-1997



“...the first report of a specific **nutritional deficiency driving changes in a viral genome**, permitting an **avirulent virus to acquire virulence due to genetic mutation.**” (M. A. Beck et al., *Nature Medicine* 1995)



Beck MA et al. *Benign human enterovirus becomes virulent in selenium-deficient mice.* **J Med Virol.** 1994;43:166-170 (PMID: 8083665)

Beck MA et al. *Increased virulence of a human enterovirus (coxsackievirus B3) in selenium-deficient mice.* **J Infect Dis.** 1994;170:351-357 (PMID: 8035022)

Beck MA et al. *Rapid genomic evolution of a non-virulent coxsackievirus B3 in selenium-deficient mice results in selection of identical virulent isolates.* **Nature Medicine.** 1995;1(5):433-436 (PMID: 7585090)

Beck MA. *Increased virulence of coxsackievirus B3 in mice due to vitamin E or selenium deficiency.* **J Nutr.** 1997;127(5 Suppl):966S-970S (PMID: 9164275)

Beck MA, Esworthy RS, Ho Y-S, Chu F-F. *Glutathione peroxidase protects mice from viral-induced myocarditis.* **FASEB J.** 1998;12:1143-1149

Beck MA. *Selenium and host defence towards viruses.* **Proc Nutr Soc.** 1999;58(3):707-711 (PMID: 10604206)

(7) Beck MA. *Selenium deficiency and viral infection.* **J Nutr.** 2003;133(5 Suppl 1):1463S-1467S (PMID: 12730444)

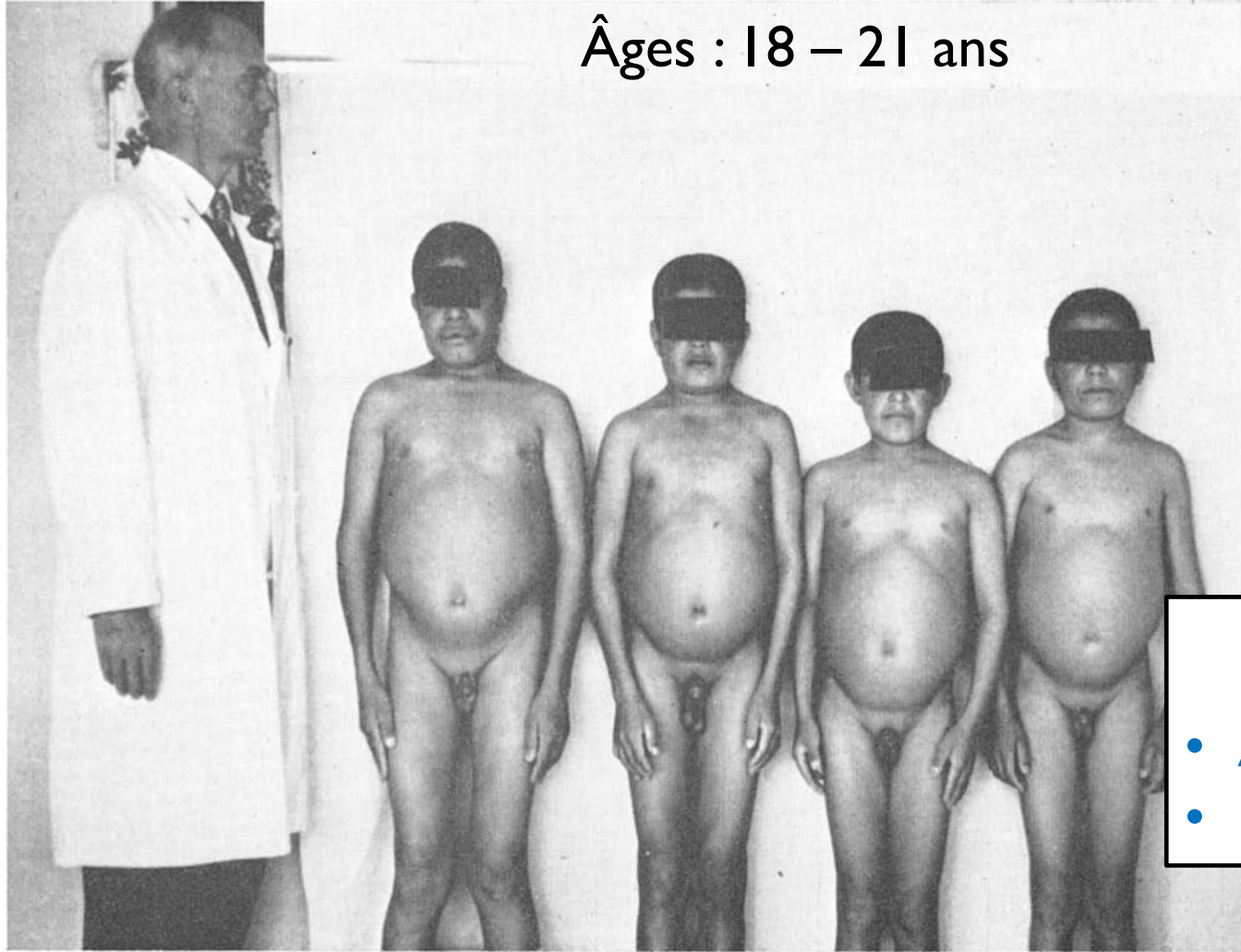


Iran, 1961

Région de Chiraz

PRÉSENTATION CLINIQUE

Âges : 18 – 21 ans



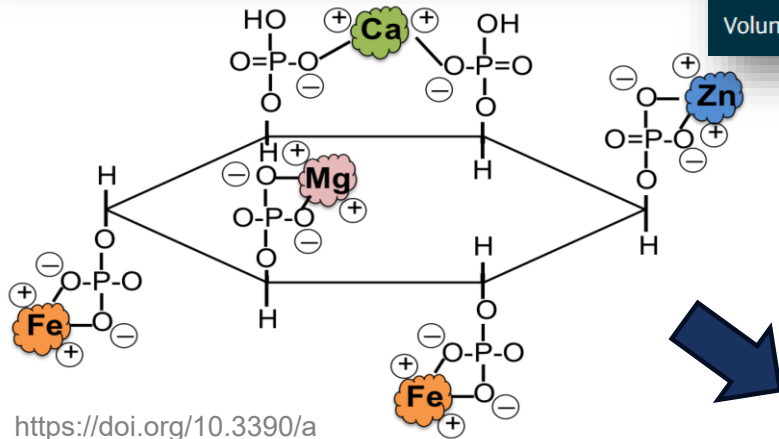
- Nanisme sévère
- Hypogonadisme
- Anémie sévère
- Hépatosplénomégalie

Particularités :

- *Alimentation à base de pain non levé*
- *Géophagie : jusqu'à 500 g d'argile/jour !*

DÉFICITS ALIMENTAIRES ?

1) Nourriture pauvre, à base de «lavosh», riche en **phytates**



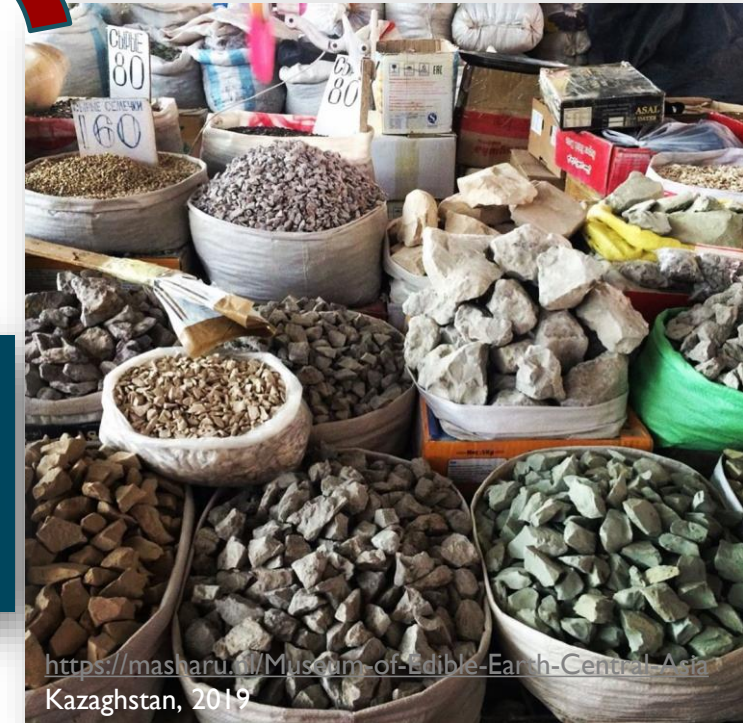
<https://doi.org/10.3390/agronomy9120803>

4) Aggravation de la déficience en Fer et Zinc (chélation)

The Potential Impact of Geophagia on the Bioavailability of Iron, Zinc and Calcium in Human Nutrition

Published: December 2002

Volume 24, pages 305–319, (2002) [Cite this article](#)



3) **Pica**
→ géophagie

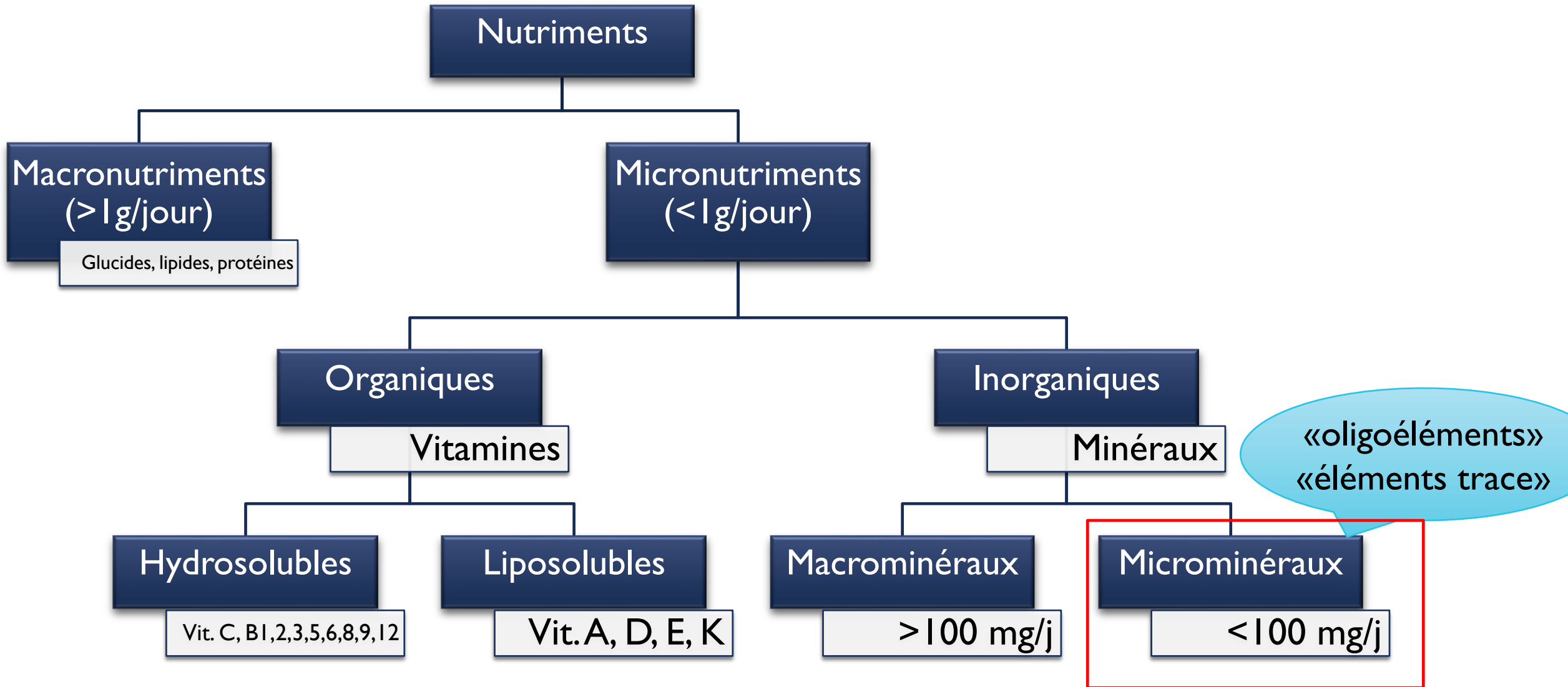
2) Déficience en Fer et Zinc (chélation)



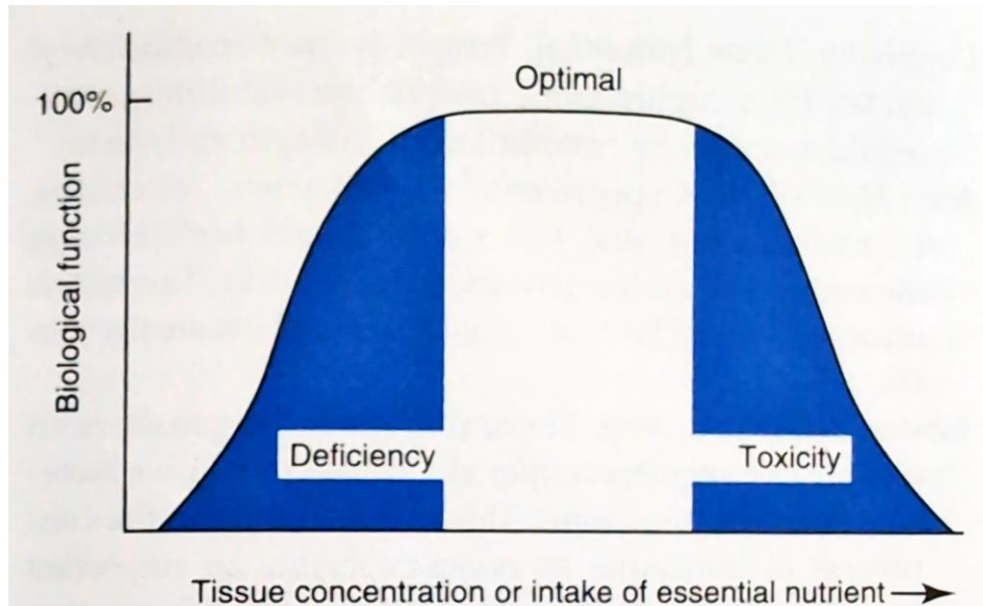
- Nanisme sévère → ZINC
- Hypogonadisme → ZINC
- Anémie → FER
- Hépatosplénomégalie → FER*

*hématopoïèse extramédullaire : le foie et la rate tentent de compenser la sous-production dans la moelle osseuse

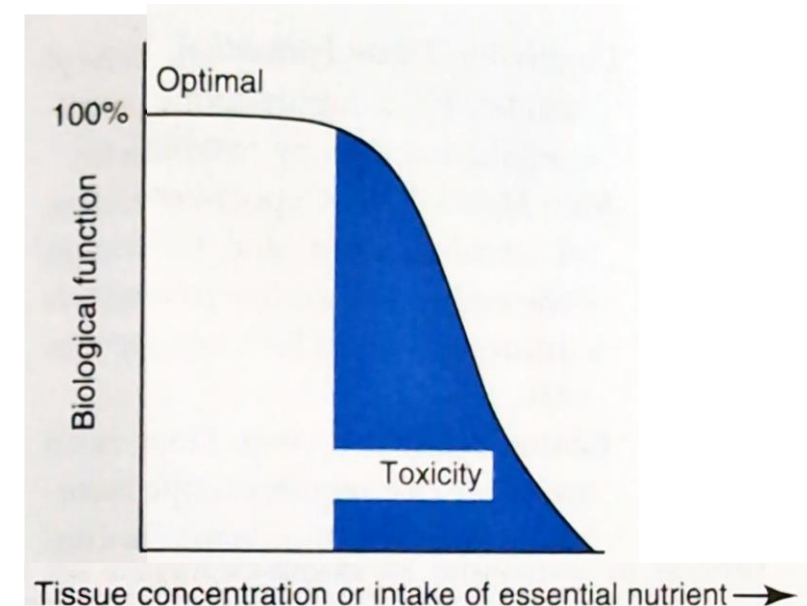
- **Prasad**, Ananda S., James A. Halsted, et Manucher Nadimi. « Syndrome of Iron Deficiency Anemia, Hepatosplenomegaly, Hypogonadism, Dwarfism and Geophagia ». *The American Journal of Medicine* 31, n° 4 (1961): 532-46. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(61\)90137-1](https://doi.org/10.1016/0002-9343(61)90137-1).
- **Prasad**, Ananda S. « Discovery of Zinc for Human Health and Biomarkers of Zinc Deficiency ». In *Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals*. Elsevier, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802168-2.00020-8>.
- **Prasad** AS. "Lessons Learned from Experimental Human Model of Zinc Deficiency." *Journal of Immunology Research*, 2020; article 9207279 (PMC7199614).



MICROMINÉRAUX (<100 MG/JOUR)



ESSENTIEL

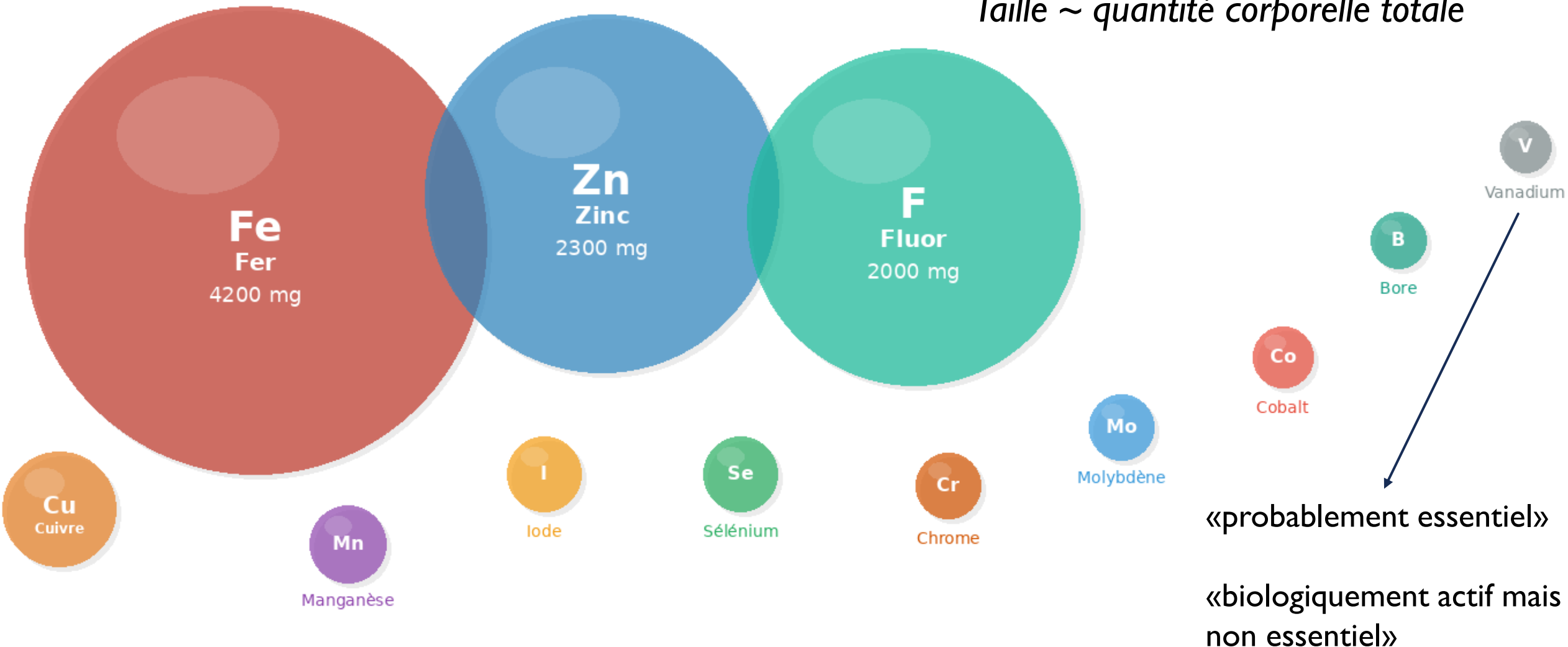


NON-ESSENTIEL

Les effets biologiques d'une déficience définissent l'**essentialité** d'un microminéral

12 OLIGOÉLÉMENT ESSENTIELS

Taille ~ quantité corporelle totale

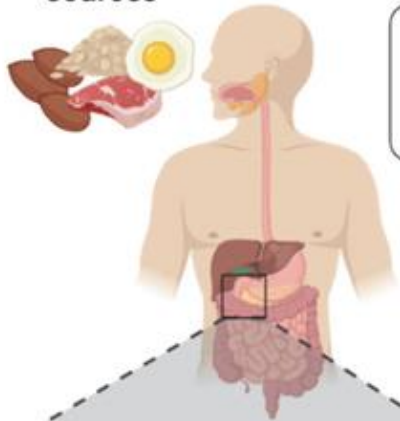


«probablement essentiel»

«biologiquement actif mais non essentiel»

SÉLÉNIUM

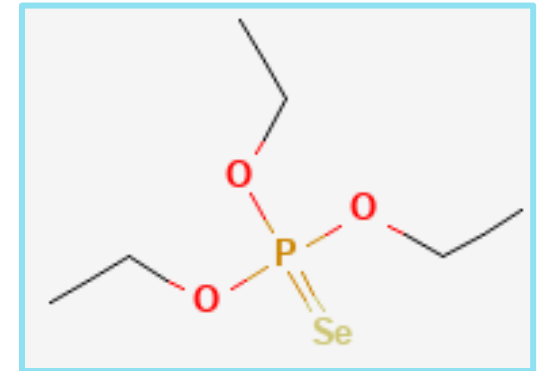
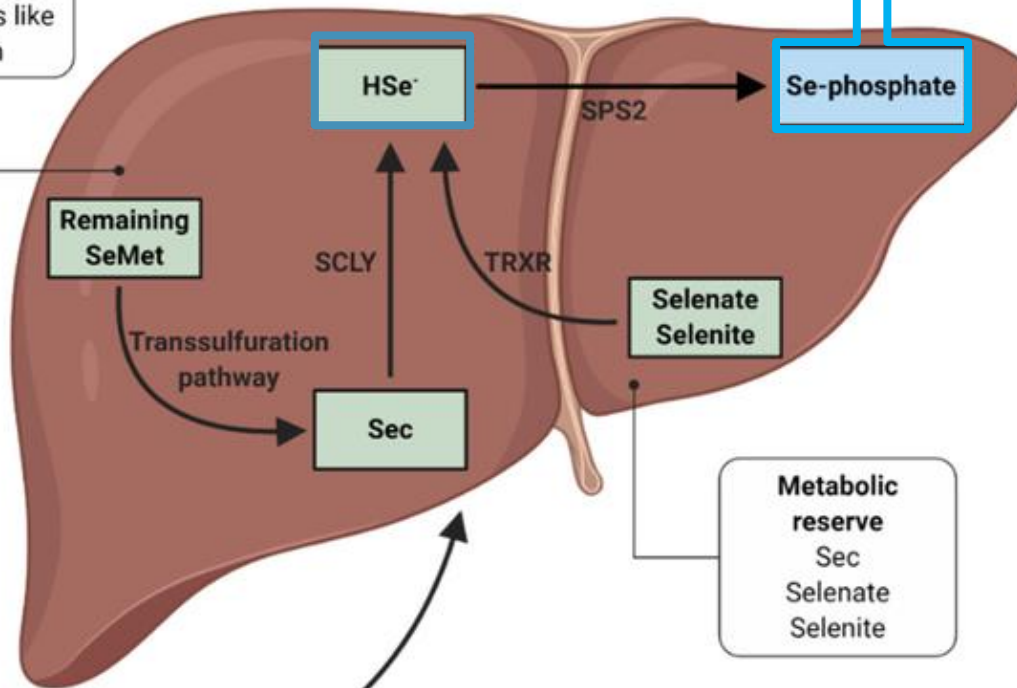
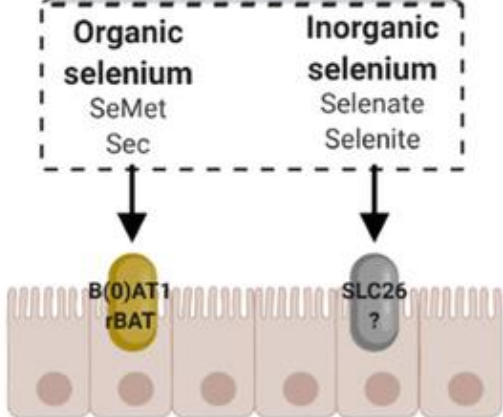
Food selenium sources



SeMet is incorporated into proteins like albumin

Sélénure d'hydrogène

Le Se-Phosphate permet la synthèse des sélénoprotéines



Répartition corporelle :

- 50% muscles
- 20 % foie et reins
- 20 % thyroïdes et autres organes
- **5-10% sang**

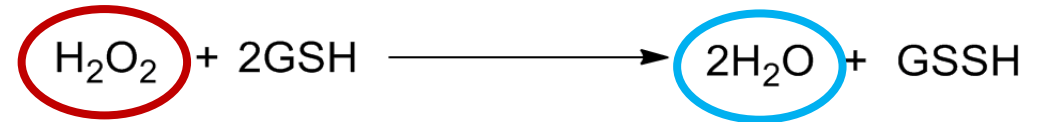
SÉLÉNOPROTÉINES

+ de 30 identifiées

1. **Glutathion peroxydase (GPX)**

Un des antioxydants les plus importants

Hautement réactif



2. **Thioredoxine réductase** : Antioxydant et enzyme indispensable à la croissance

3. **Deiodinase** : Activation hormone thyroïdiennes T4 → T3

Sélénium sérique :

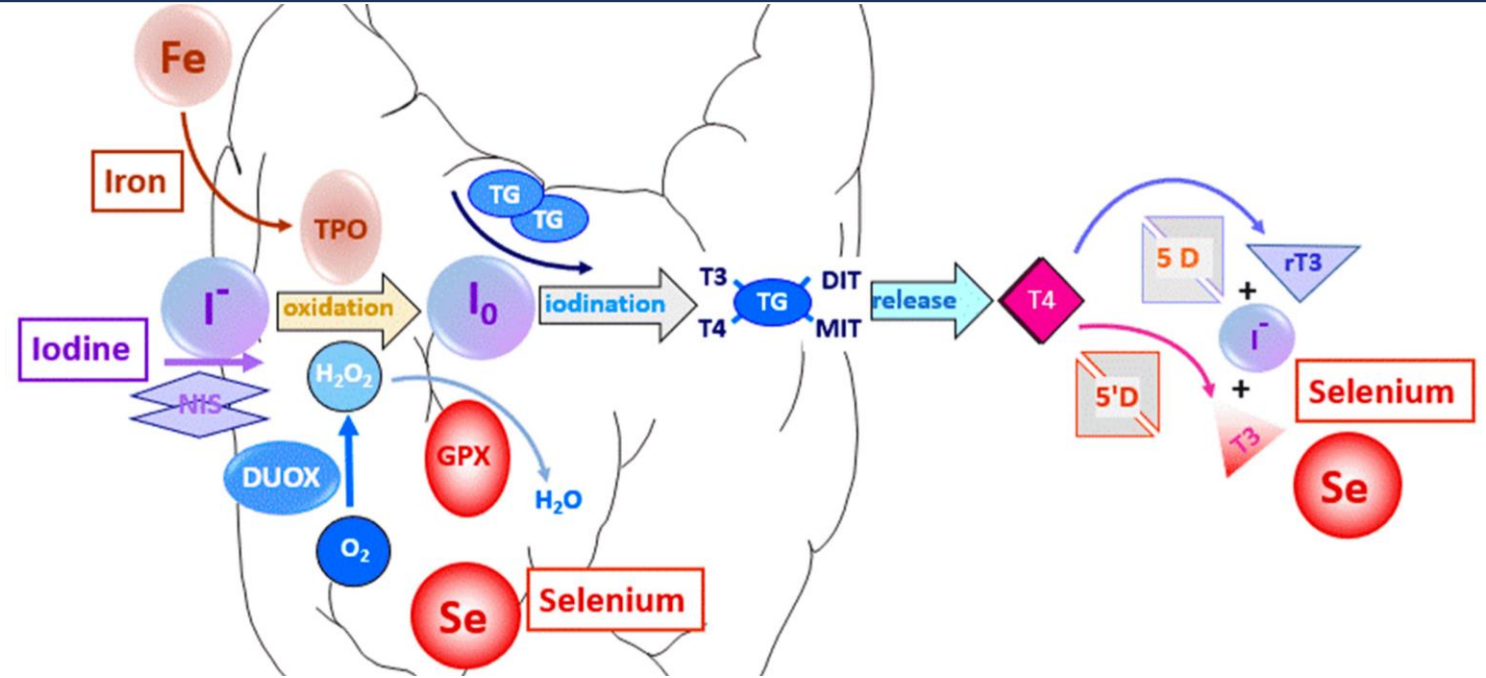
50% **Sélénoprotéine P** → Transport du sélénium

30% Glutathion Peroxydase (GPX)

20% contenu dans l'albumine (intégration d'une sélénométhionine)

SÉLÉNIUM – DÉFICIENCES

- **Cardiomyopathies (ex: KD)**
- **Hypothyroïdie**
- **Immunodéficiences**
- **Risques cardiovasculaires**
- **Risques de développement de cancers**
 - Taux sérique négativement corrélé au risque de cancers du sein, des poumons, de l'oesophage, de l'estomac et de la prostate (1)
- **Infertilité** : quantité et motilité spermatique



(1) Cai, Xianlei, Chen Wang, Wanqi Yu, et al. « Selenium Exposure and Cancer Risk: An Updated Meta-Analysis and Meta-Regression ». *Scientific Reports* 6, n° 1 (2016): 19213. <https://doi.org/10.1038/srep19213>.

(2) Köhrle J. Selenium, Iodine and Iron—Essential Trace Elements for Thyroid Hormone Synthesis and Metabolism. *Int J Mol Sci.* 2023;24: 3393. doi:10.3390/ijms24043393

INTOXICATION AU SÉLÉNIUM

Selenium Toxicity from a **Misformulated Dietary Supplement**, Adverse Health Effects, and the Temporal Response in the Nail Biologic Monitor

U.S., 2008

[John Steven Morris](#)^{1,2,*}, [Stacy B Crane](#)¹

Tolerable Upper Limit (UL) : **400 µg/j**

Doses retrouvées dans les suppléments : **22300 – 33200 µg (56 -83 x UL)**

Symptômes reportés

- Perte des ongles / ongles anormaux
- Alopécie
- Troubles gastro-intestinaux
- Faiblesse, fatigue, irritabilité, troubles de la concentration
- Détresse respiratoire
- Douleurs musculaires et articulaires

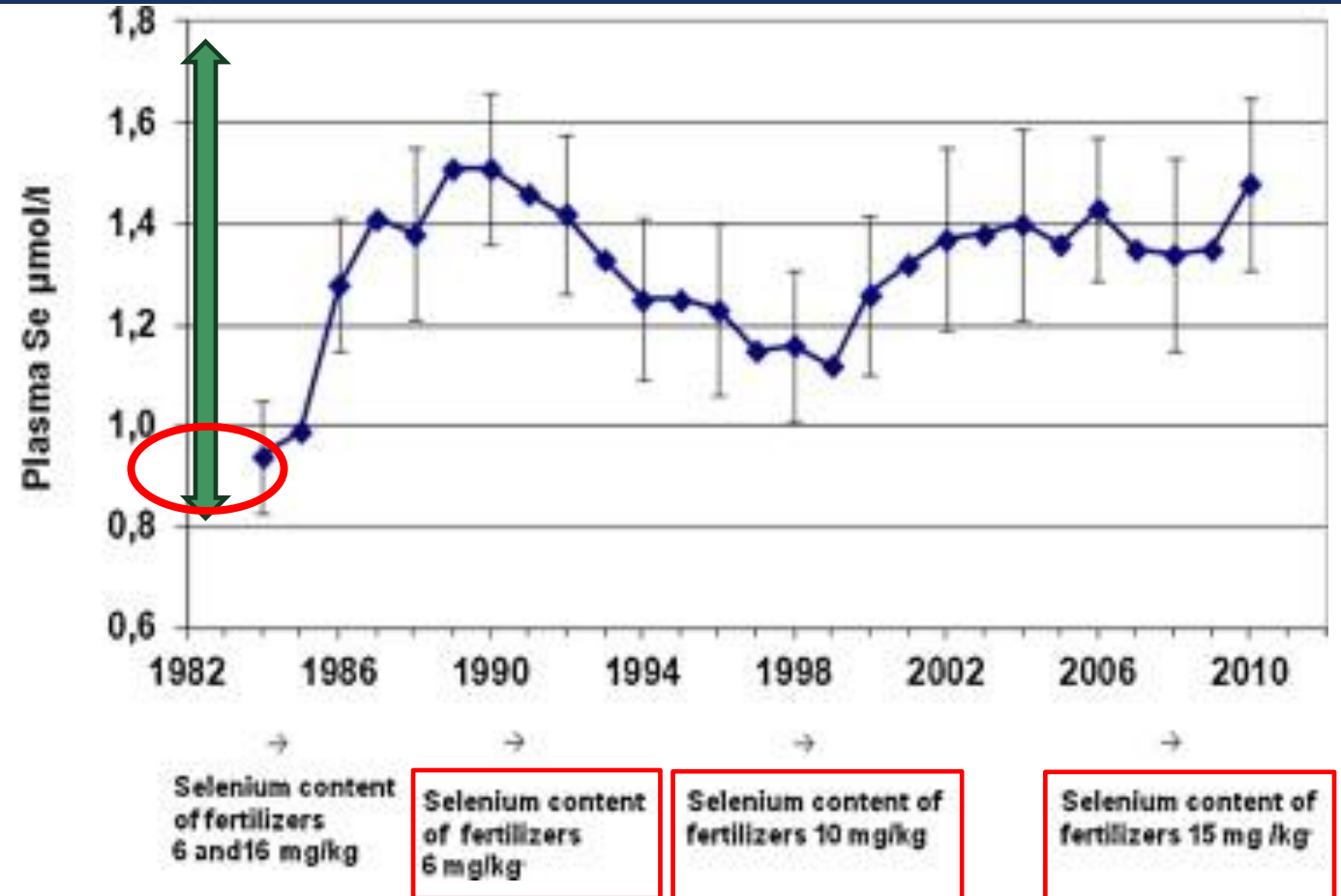
Intoxication aiguë

- Œdème pulmonaire
- Infarctus

SOLUTION FINLANDAISE - 1984



- Sols très pauvres en Se
- Supplémentation par l'engrais dès 1984

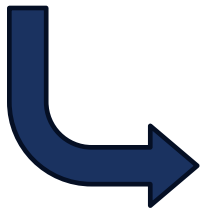


Monitoring nécessaire

ÉVALUATIONS DES RÉSERVES

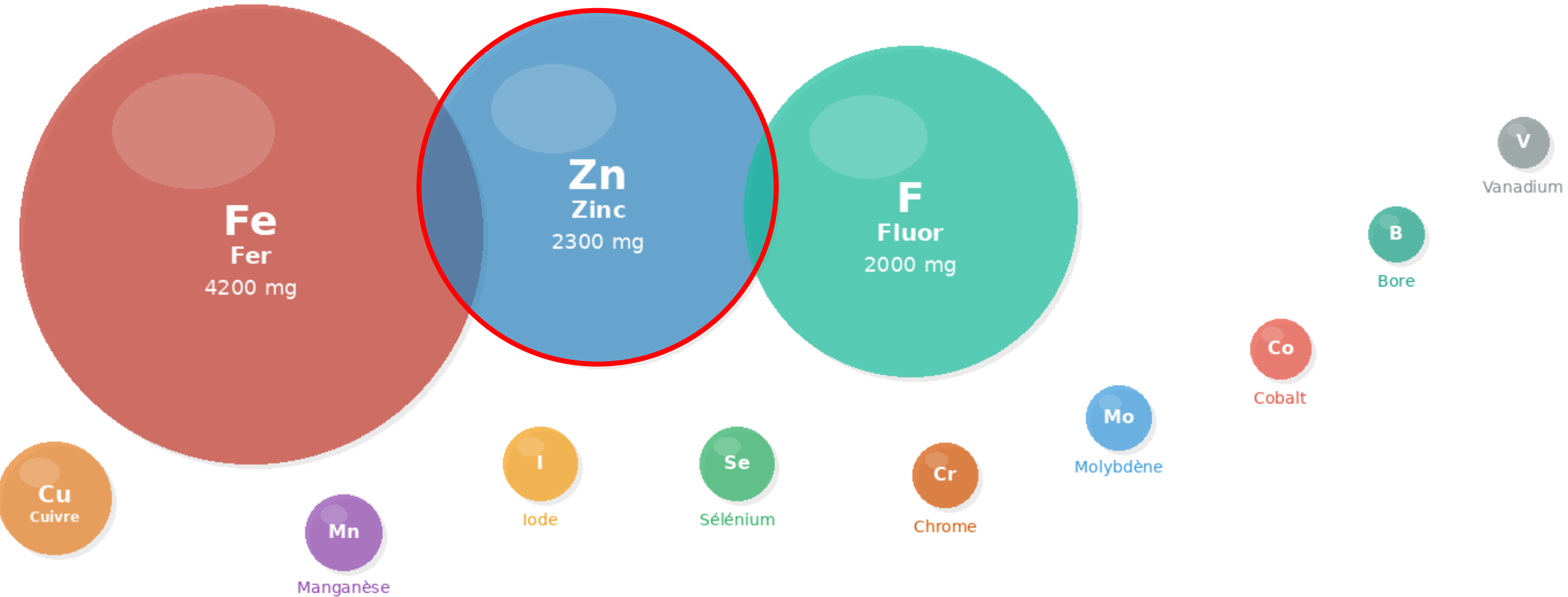
Recommandations de l'European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN 2022) :

- Sélénium sérique : statut «quantitatif»
- Activité de la GPX (glutathion peroxydase) : statut «fonctionnel»
 - *Analyse non-remboursée en Suisse !*
- Sélénium érythrocytaire ? *Possible, mais hors recommandations ESPEN*
- **CRP** et **Albumine** requis pour l'interprétation



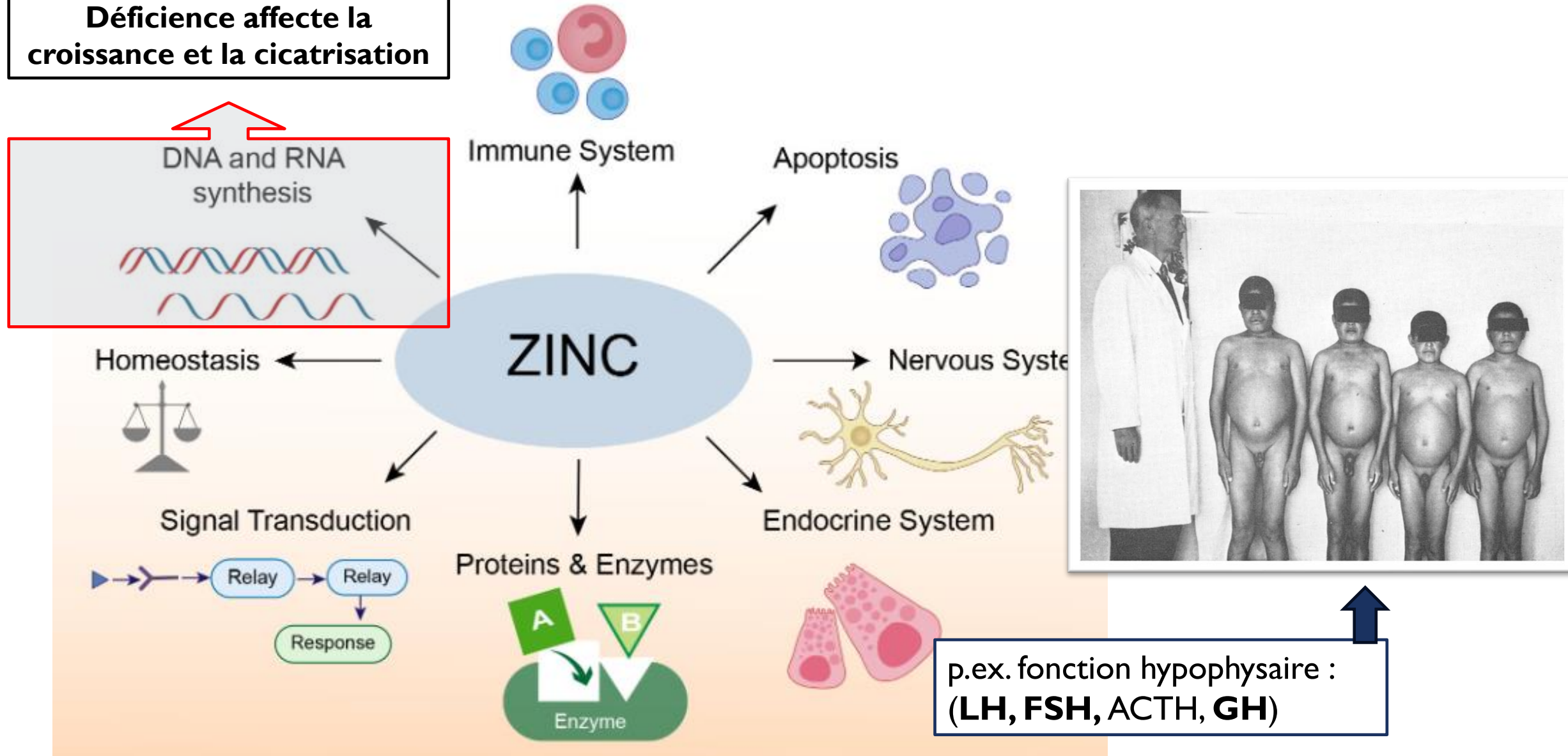
Inflammation =
Redistribution + Consommation ↗ + Séléno-P et Albumine ↘

ZINC



> 300 métalloenzymes / protéines

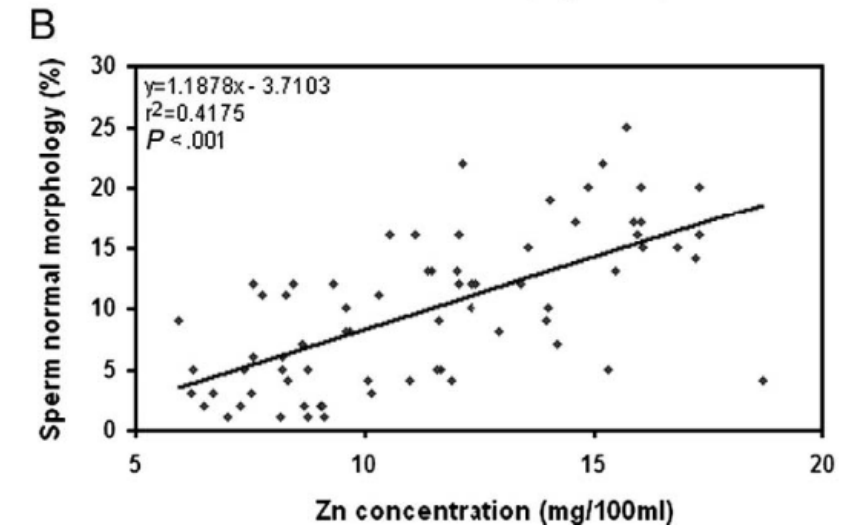
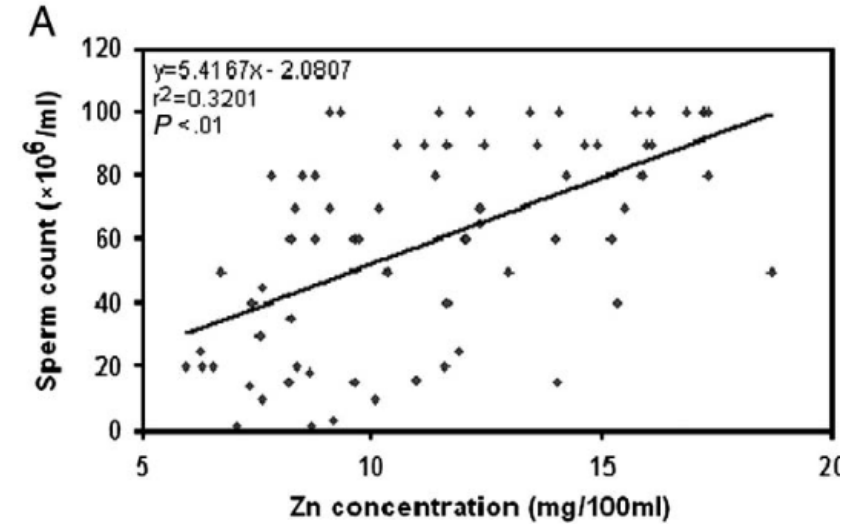
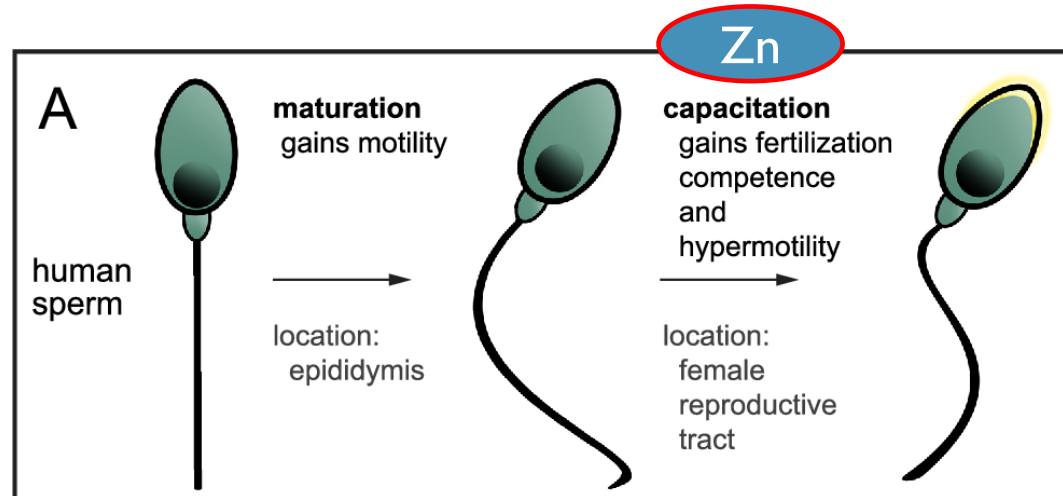
Déficiences affectent la croissance et la cicatrisation



ZINC ET FERTILITÉ

Effets positifs sur :

- La capacité antioxydantes des spermatozoïdes
- La viabilité et l'intégrité de la membrane
- la motilité et quantité de spermatozoïdes (A)
- La proportion de spermatozoïdes à la morphologie normale (B)



(1) Mousavi Esfiokhi SH, Norouzian MA, Najafi A. Effect of different sources of dietary zinc on sperm quality and oxidative parameters. *Front Vet Sci.* 2023;10: 1134244. doi:10.3389/fvets.2023.1134244

(2) Colagar AH, Marzony ET, Chaichi MJ. Zinc levels in seminal plasma are associated with sperm quality in fertile and infertile men. *Nutr Res.* 2009;29: 82–88. doi:10.1016/j.nutres.2008.11.007

ZINC ET COVID

- (1) Le Zinc intracellulaire inhibe la réplication virale
- (2) Déficience en Zn → risque de mortalité plus élevé (RR = 5.77)
- (3) La supplémentation en Zn (~2x la dose journalière) de patients COVID :
 - Réduction du taux et durée d'hospitalisations
 - Réduction de la durée des symptômes et taux de mortalité

NIH «COVID-19 treatment guidelines» (2024):

Recommandation de ne pas supplémenter en Zn → risques de déficience en cuivre

- (1) te Velthuis AJW, van den Worm SHE, Sims AC, et al. Zn(2+) inhibits coronavirus and arterivirus RNA polymerase activity in vitro and zinc ionophores block the replication of these viruses in cell culture (Nov 2010)
- (2) Raval, Chirag, Spencer Z. Rheingold, Antonio M. Gordon, et Patrick Hardigan. « Zinc Deficiency Associated With an Increase in Mortality in COVID-19 Patients: A Meta-Analysis ». *Cureus*, publication en ligne anticipée, 6 janvier 2025. <https://doi.org/10.7759/cureus.77011>.
- (3) Ben Abdallah S, Mhalla Y, Trabelsi I, Sekma A, Youssef R, Bel Haj Ali K, Ben Soltane H, Yacoubi H, Msolli MA, Stambouli N, Beltaief K, Grissa MH, Khrouf M, Mezgar Z, Loussaief C, Bouida W, Razgallah R, Hezbri K, Belguith A, Belkacem N, Dridi Z, Boubaker H, Boukef R, Nouira S. Twice-Daily Oral Zinc in the Treatment of Patients With Coronavirus Disease 2019: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Clin Infect Dis*. 2023 Jan 13;76(2):185-191. doi: 10.1093/cid/ciac807. Erratum in: *Clin Infect Dis*. 2023 Feb 03;; PMID: 36367144.
- (4) Moghaddam A, Heller RA, Sun Q, Seelig J, Cherkezov A, Seibert L, et al. Selenium deficiency is associated with mortality risk from COVID-19. *Nutrients* 2020;12.

DÉFICIENCE EN ZINC

- Retard de croissances
- Susceptibilité aux infections (en particulier intestinales et respiratoires)
- Goût et odorat réduits
- Hypogonadisme, troubles de la fertilité

Cas particulier : Acrodermatite entéropathique (défaut génétique de l'absorption)

→ *Dermatite*

→ *Diarrhées*

→ *Alopécie*

→ *Retard de croissance*

INTOXICATIONS AU ZINC

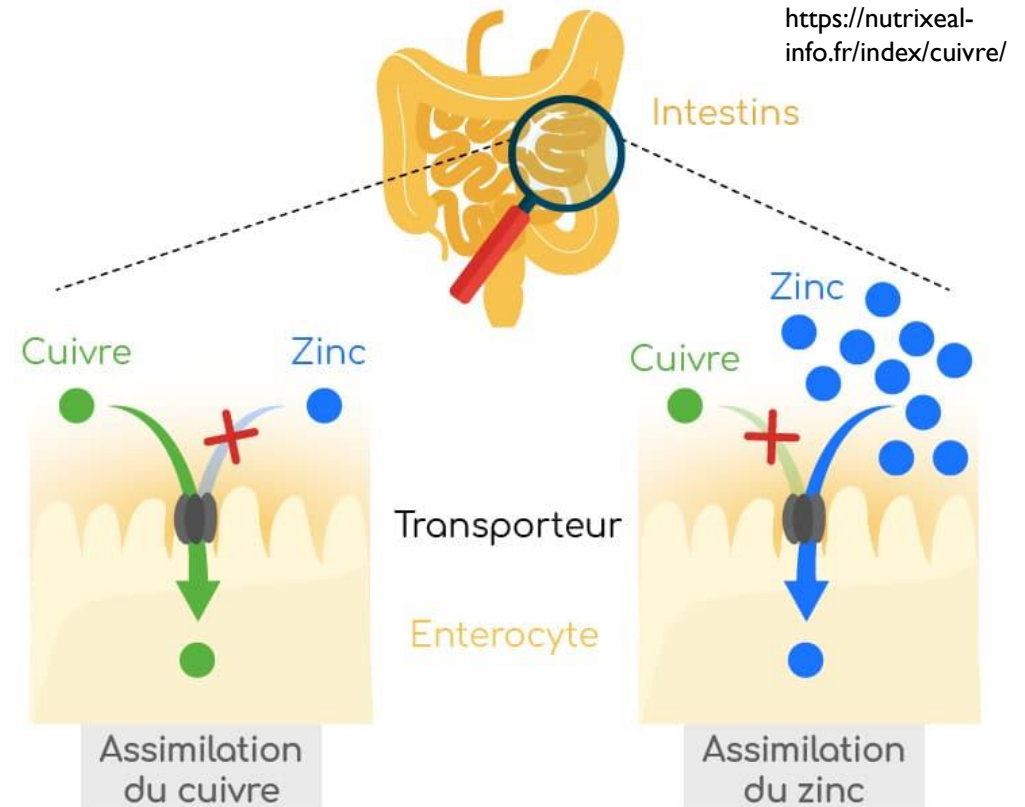
Exemples :

- «Fièvre des fondeurs», «fièvre des lundis»

Symptômes :

- Symptômes grippaux
- Diarrhées, nausées, douleurs abdominales

- **Déficiencia secundaria en cobre:**
 - Anémie, leucopénie, neutropénie, neuropathies



+ métallothionéine induite par le Zn qui piège le cuivre dans les entérocytes

ÉVALUATIONS DES RÉSERVES

Recommandations ESPEN 2022 :

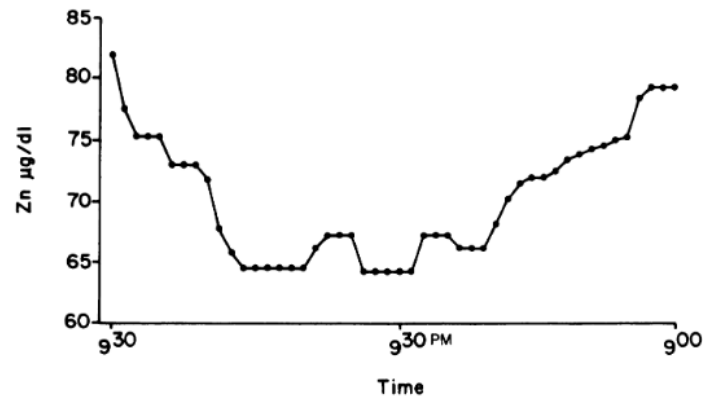
- Zinc plasmatique : statut «quantitatif» des réserves
- Zinc érythrocytaire ? Possible, mais hors recommandations ESPEN
- **CRP** et **Albumine** requis pour l'interprétation

Cas particuliers :

- **Zinc urinaire**
 - Expositions toxiques → nette élévation
 - Acrodermatite entéropathique → taux effondré
- **Zinc spermatique** : fonction sécrétoire de la prostate

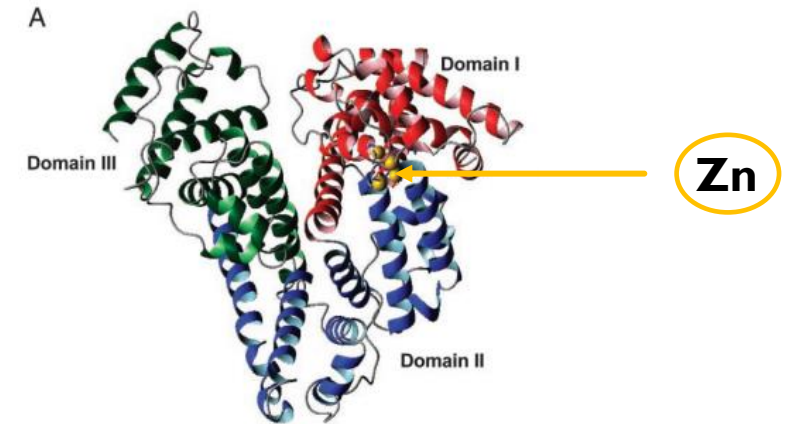
PIÈGES ANALYTIQUES COURANTS

1. Rythme circadien

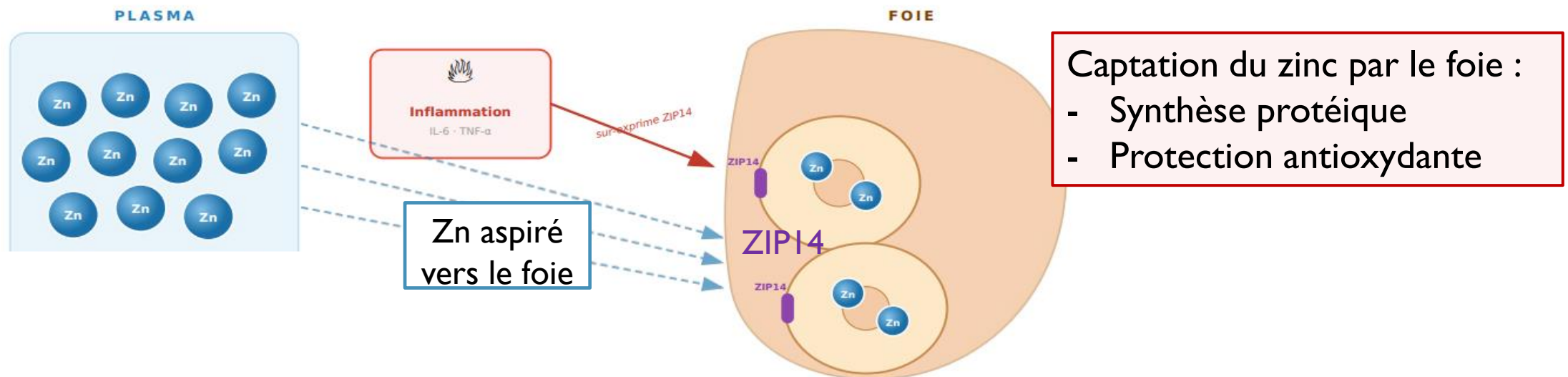


2. Dépendant de l'albuminémie

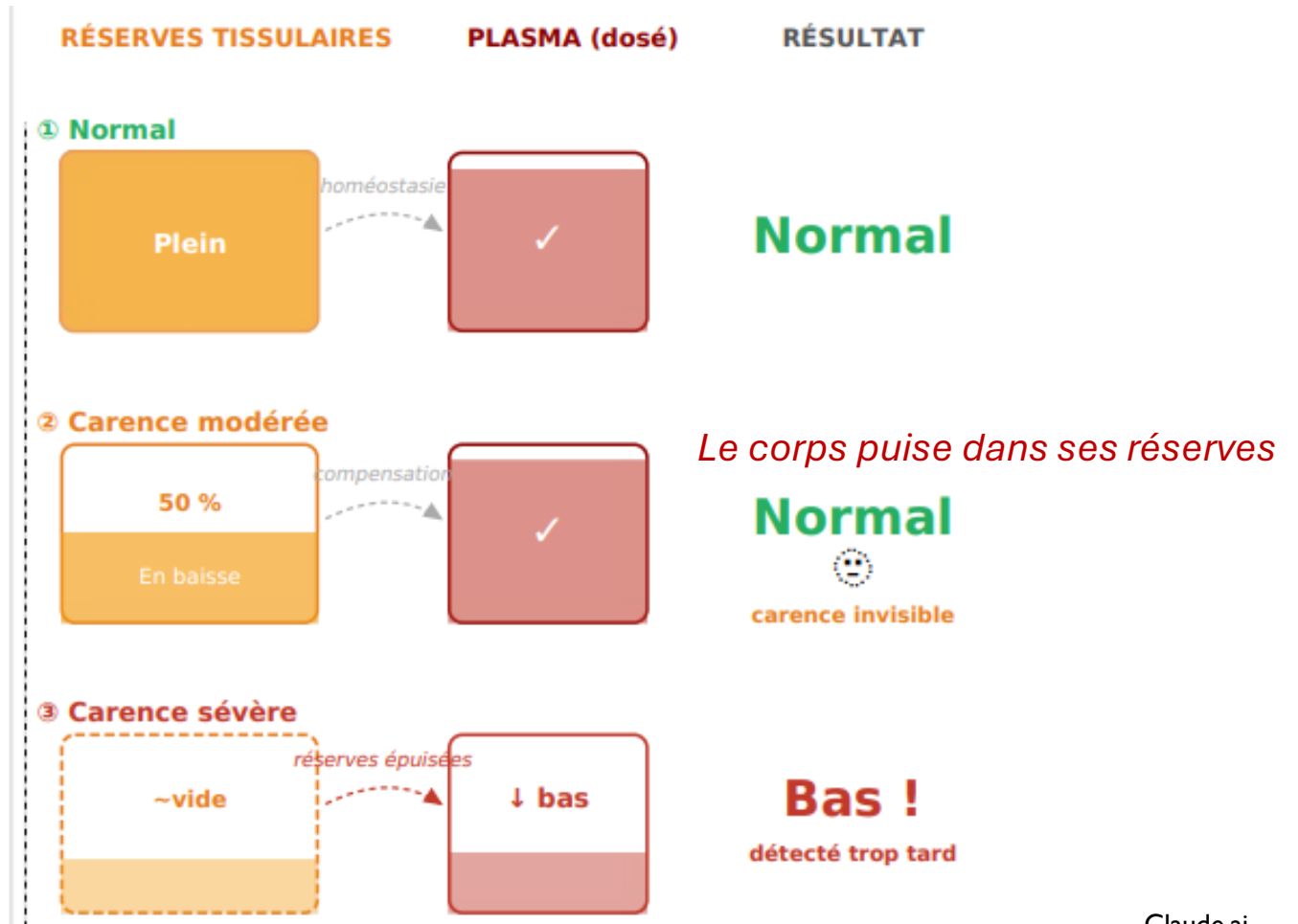
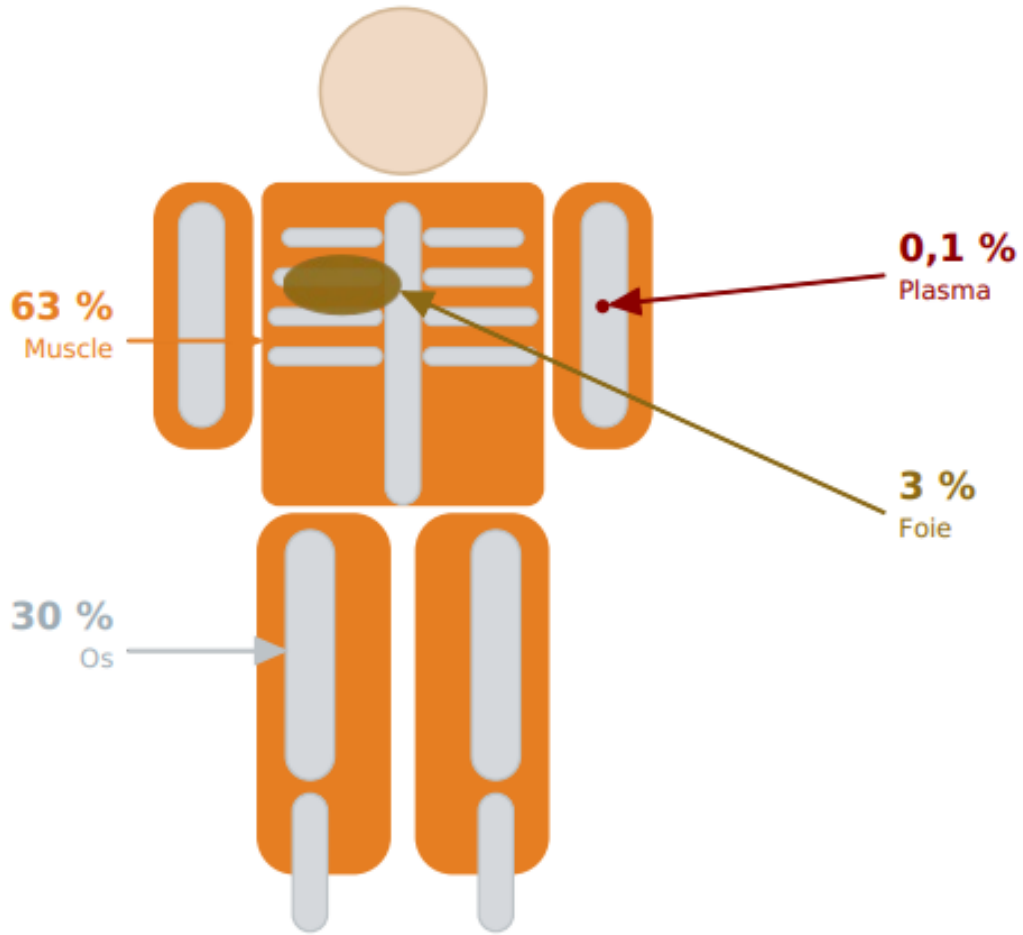
~70 % du Zinc plasmatique est lié à l'albumine



3. Sensible à l'inflammation



ZINC PLASMATIQUE : 0.1% DU ZINC CORPOREL



DÉFICIENCE EN ZINC ET SÉLÉNIUM EN SUISSE

Likelihood of deficiency in the Swiss population. (2021 (1))

Nutrient	Adults	Older adults 65+
Se	+	+++
Zn	+	++

Déficienc e en Zinc – Fort impact du régime alimentaire (2017 (2))

	Omnivore	Végétarien	Végétalien
Proportion à risque	11%	19%	47%

(1) Berger, Mette M. *Strengthening the Immunity of the Swiss Population with Micronutrients: A Narrative Review and Call for Action*. 2021.

(2) Schüpbach, R., R. Wegmüller, C. Berguerand, M. Bui, et I. Herter-Aeberli. « Micronutrient Status and Intake in Omnivores, Vegetarians and Vegans in Switzerland ». *European Journal of Nutrition* 56, n° 1 (2017): 283-93. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-1079-7>.

SÉLÉNIUM : SITUATION FLOUE

- Cultures végétales **pauvres en Sélénium**
- “Les pâtes suisses faites avec du blé nord-américain sont la nourriture contribuant le plus à l’apport alimentaire (en Se), suivi par la **viande**” (Jenny-Burri J. et al., 2010)



**Imports de blé
Nord-Américain**



**Supplémentation en Se
des élevages animaliers**

- Risque de déficience avéré, situation actuelle en réévaluation par l’OSAV

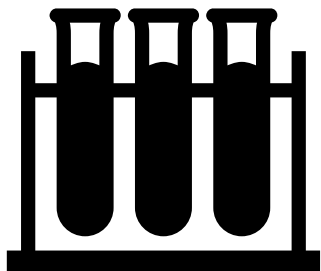
CHEZ QUI DOSER ? (ESPEN 2022)

- **Suspicion carence** (ou intoxication) :
 - notamment enfants, femmes enceintes, personnes âgées
- **Suivi de l'obésité / nutrition / chirurgie bariatrique**
 - Contrôle des taux et statut antioxydant
- **Soins intensifs**
 - Etats inflammatoires importants → redistribution et consommation des micronutriments
 - Nutrition entérale / parentérale
 - Grands brûlés; en plus des éléments précédents :
 - **pertes exsudatives** macro et micronutriments
 - Etat hypermétabolique : **consommation accrus**

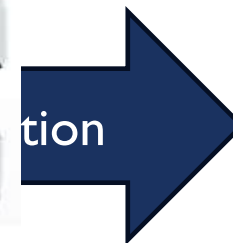
Substitution de Se / Zn et Cu → diminution des risques d'infections nosocomiales, impact sur la cicatrisation

MÉTHODES DE DOSAGE

Certification CE-IVD ?



Atomisation
(+ ionisation)



Détecteur :

- Optique
 - Absorption (AAS)
 - Emission (ICP-OES)
- MS (ICP-MS)

Cas clinique (Rosenberg et al., *Case Reports in Oncology*, 2023)

2022 – Australie

Homme de 48 ans, sans antécédent :

- Fatigue persistante, paresthésie aux mains
- Anémie macrocytaire
 - Hémoglobine \searrow **67 g/L** (140 – 180)
 - MCV \nearrow **107 fL** (80 – 100)
- Leucopénie : **1.4 G/L** (4 – 10)
- Neutropénie : **0.49 G/L** (1.8 – 7.7)
- Négatif : hépatites B et C, HIV, CMV, EBV

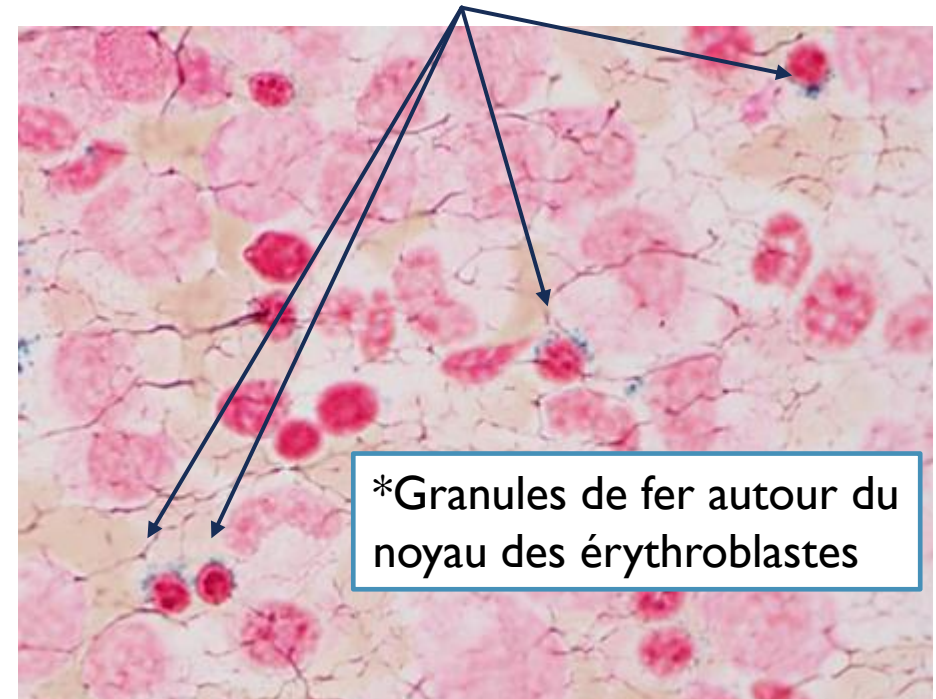
→ déficit B12 ?

- B12 (et folate) normaux !

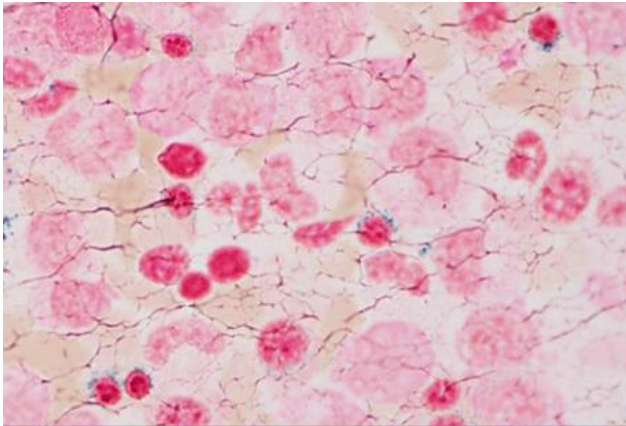
Biopsie de moelle :

syndrome myélodysplasique ?

- Moelle hypercellulaire
- Anomalie morphologiques des érythroblastes
- Nombreux sidéroblastes* en couronne



Cas clinique (Rosenbe



Aussi en cas de
déficience en cuivre

- **Cuivre** : **< 0.8 μmol /L (11 – 22)**

Questionné, le patient explique prendre des **suppléments de Zinc** pour se protéger du COVID-19 depuis 6 mois

- **Zinc** : **20.3 μmol/L (10 – 23)**

Exemples :

- «Fièvre des fondeurs», «fièvre des lundis»

Symptômes :

- Symptômes grippaux
- Diarrhées, nausées, douleurs abdominales

- Déficience secondaire en cuivre:
 - Anémie, leucopénie, neutropénie, neuropathies

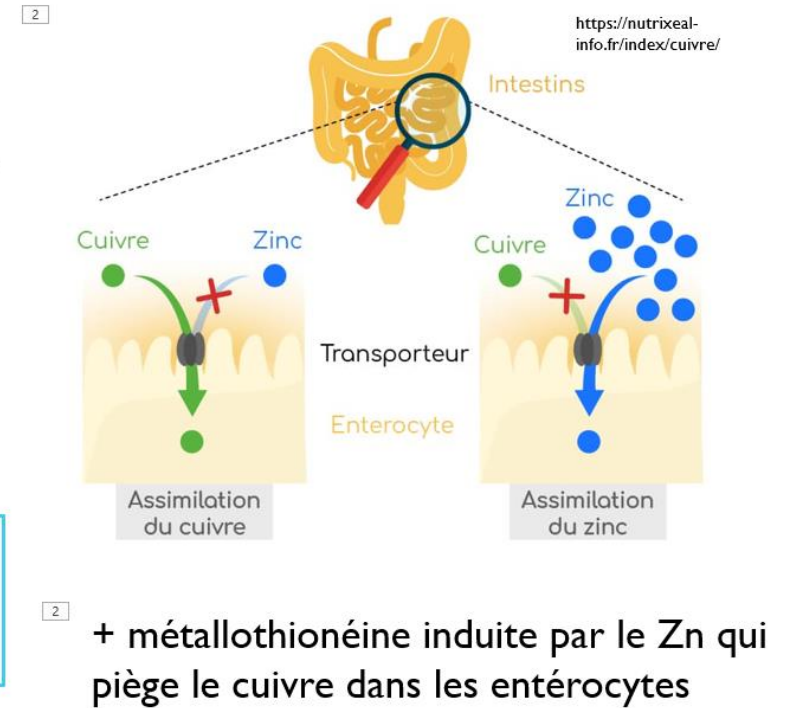


Table 1. Hemoglobin and WBC prior to and following copper supplementation

Date	Hemoglobin, g/dL	WBC, ×10 ³ /μL
5/16: admission to hospital	6.7	1.4
5/18: discharged from hospital	7.7	2.0
5/25	7.7	2.5
5/26: begins copper supplementation		
6/6	9.7	3.8
6/20	10.5	7.2

LE «MENU ZINC & SÉLÉNIUM» SELON CLAUDE AI

Menu Zinc & Sélénium · 3 Services

ENTRÉE

Huîtres pochées tièdes, *beurre blanc à l'ail*

Shiitake croustillants · Écume de mer · Citron caviar

Six huîtres de claire pochées à basse température, beurre blanc à l'ail confit, copeaux de shiitake, écume iodée.

ZINC = 18 MG | SÉLÉNIUM = 35 MG | HUITRE · SHIITAKE · AIL

PLAT PRINCIPAL

Pavé de bœuf grass-fed, *jus court au thym*

Graines de courge torréfiées · Lentilles corail · Tahini

Rumsteak élevé à l'herbe, saisi à la fonte. Lentilles corail au curcuma, sauce tahini, graines de courge au sel de Guérande.

ZINC = 10 MG | SÉLÉNIUM = 28 MG | BŒUF · COURGE · LENTILLES

DESSERT

Brownie chocolat noir 85%, *noix du Brésil*

Éclats de cajou · Fleur de sel · Crème au miel d'acacia

Brownie fondant grand cru, noix du Brésil entières, éclats de cajou torréfiés. Servi tiède, quenelle de crème au miel.

ZINC = 4 MG | SÉLÉNIUM = 180 MG | NOIX DU BRÉSIL · CHOCOLAT

Apport total estimé pour ce menu

≈ 32 mg ≈ 243 µg

ZINC

SÉLÉNIUM

300 % des AJR

440 % des AJR

Offre de la cuisine Claude AI - Saison 2023



Illustré par DALLE-E (chat-GPT)

Bilan estimé du repas

	Zinc	Sélénium
AJR adulte	-10 mg	-55 µg
Ce repas	-25-30 mg	-200-250 µg

Menu imaginé par Claude AI

ARL

Association
des Responsables
de Laboratoire de Suisse romande



admed
Laboratoires

Merci pour votre attention !

