

II – Les oligo-éléments et leur importance sur la production agricole et l'alimentation humaine

Animatrice :
Aurélia Michaud - Ingénieur - INRAE

Animateur Chat :
Matthieu Bravin - Chercheur - Cirad



- **Introduction : Rôle des oligo-éléments en alimentation humaine**
Christine Feillet-Coudray - Directrice de recherche - INRAE
- **Teneurs en oligos dans les tissus végétaux : conséquences pour la production agricole et l'alimentation humaine**
Lionel Jordan-Meille - Enseignant-Chercheur - Bordeaux Sciences Agro – UMR ISPA
(Interactions Sol Plante Atmosphère)
- **Cas d'étude 1 : Exemple de carence en Mn sur blé**
Christine le Souder - Ingénieure spécialisée en fertilisation - Arvalis-Institut du Végétal
- **Cas d'étude 2 : Sols sableux landais : problématiques Cu, Mn, cultures légumières, grandes cultures**
Justine Sourisseau - Conseillère grandes cultures, chargée d'expérimentation - Grceta-Sfa
(Groupement de Recherche sur les Cultures et Techniques Agricoles des Sols Forestiers d'Aquitaine)
- **Cas d'étude 3 : Exemple de carence en Mn en arboriculture**
Alain Kleiber - Responsable technique du pôle agriculture - Aurea AgroSciences
- **Conclusions sur les cas d'études, fiches de synthèse**
Lionel Jordan-Meille - Enseignant-Chercheur - Bordeaux Sciences Agro - UMR ISPA
(Interactions Sol Plante Atmosphère)

II – Les oligo-éléments et leur importance sur la production agricole et l'alimentation humaine

- **Teneurs en oligos dans les tissus végétaux : conséquences pour la production agricole et l'alimentation humaine**

Lionel Jordan-Meille - Enseignant-Chercheur - Bordeaux Sciences Agro –
UMR ISPA (Interactions Sol Plante Atmosphère)

II – Les oligoéléments et leur importance sur la production agricole et l'alimentation humaine

Plan

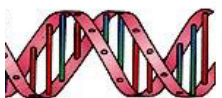
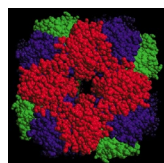
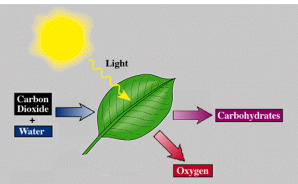
- Rôle des oligoéléments en physiologie végétale
- Concentrations repères dans les plantes entières
- Ordres de grandeurs des exportations annuelles
- Concentrations en oligoéléments dans quelques matières premières
- Facteurs de variation des concentrations en oligoéléments dans les parties comestibles
- Problématique de la dilution des oligoéléments dans les cultivars modernes

Rôles physiologiques des OE sur croissance et développement

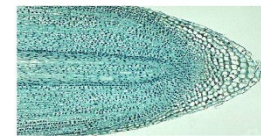
12 AVRIL 2022 WEBINAIRE comifer

Oligo-éléments et contaminants métalliques en agriculture : quelles réponses face aux enjeux agronomiques, sanitaires, environnementaux ?

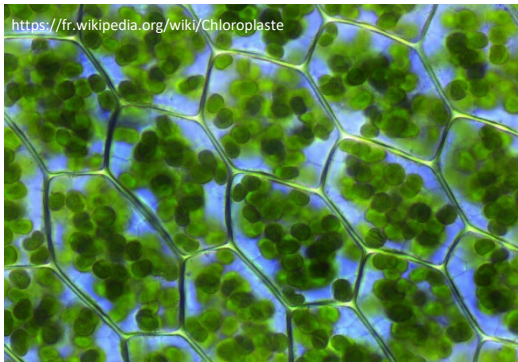
www.comifer.asso.fr



	Fe	Cu	Mo	Mn	Zn	B
Photosynthèse	Green	Green		Green	Green	
Synthèse chlorophylle	Green					
Respiration	Green	Green				
Métabolisme & migration sucres				Green	Green	Green
Métabolisme parois cellulaires		Yellow				
Multiplication cellulaire						Yellow
Métabolisme auxine					Yellow	Yellow
Fixation N	Grey	Grey	Grey			
Assimilation N	Grey		Grey	Grey		
Synthèse protéines			Grey		Grey	
Protection tissus contre espèces réactives oxygène		Red			Red	
Synthèse acides nucléiques					Blue	



⇒ symptômes de carences peu spécifiques - Conséquences indirectes des effets initiaux induits



70% Cu localisé dans la chlorophylle (chloroplastes)

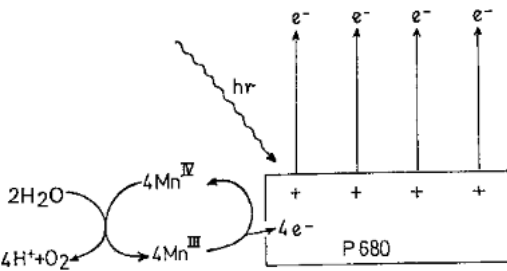
Peu de translocations

Protection contre stress oxydatifs

Lignification des parois cellulaires

Déficience → stérilité du pollen → symptôme fruits > végétation

Cu



Réduction des nitrates

Photosynthèse : séparation $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}^+$

Synthèse protéines

Peu de translocations

Rôles ~ Mg

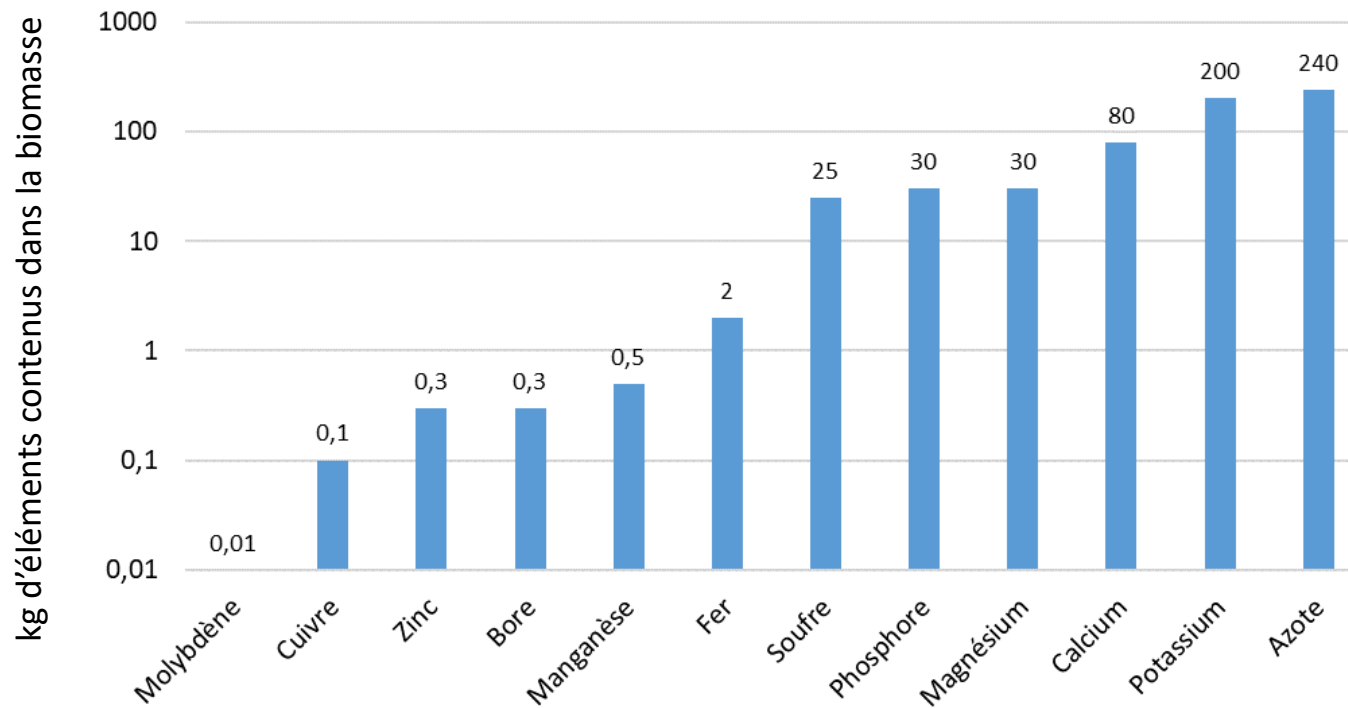
Mn

Besoins et concentrations en OE dans les plantes cultivées

	Forme absorbée	[Plantes] _{total}		[Sols] _{total}	Plante Sol	Du + au - limitant (théorique)
		Moyennes		non anthropisés		
		mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	
Molybdène	MoO ₂ ⁴⁻	0,5	[0.1 – 1]	2	0,1	10
Cuivre	Cu ²⁺	6	[2 – 30]	12.9 ¹	0,5	7
Zinc	Zn ²⁺	20	[20 – 200]	58.6 ¹	0,3	9
Bore	H ₂ BO ₃ ⁻	20	[5 – 300]	30	0,7	6
Manganèse	Mn ²⁺	50	[20 – 600]	754 ²	0,1	11
Fer	Fe ²⁺	100	[50 – 500]	32000 ²	0	12
Soufre	SO ₄ ²⁻	0,1	[0.1 – 1.5]	250 ³	4	4
Phosphore	H ₂ PO ₄ ⁻	0,2	[0.15 – 0.5]	400	5	3
Magnésium	Mg ²⁺	0,2	[0.05 – 1]	2000 ⁴	1	5
Calcium	Ca ²⁺	0,5	[0.1 – 6]	12000 ¹	0,4	8
Potassium	K ⁺	1	[0.8 – 8]	1000 ⁴	10	2
Azote	NO ₃ ⁻ -NH ₄ ⁺	1,5	[0.5 – 6]	1500 ¹	10	1

⇒ Les OE sont, en théorie, peu limitants pour les plantes, eu égard à leur concentration dans les sols

Besoins et concentrations en OE dans les plantes cultivées

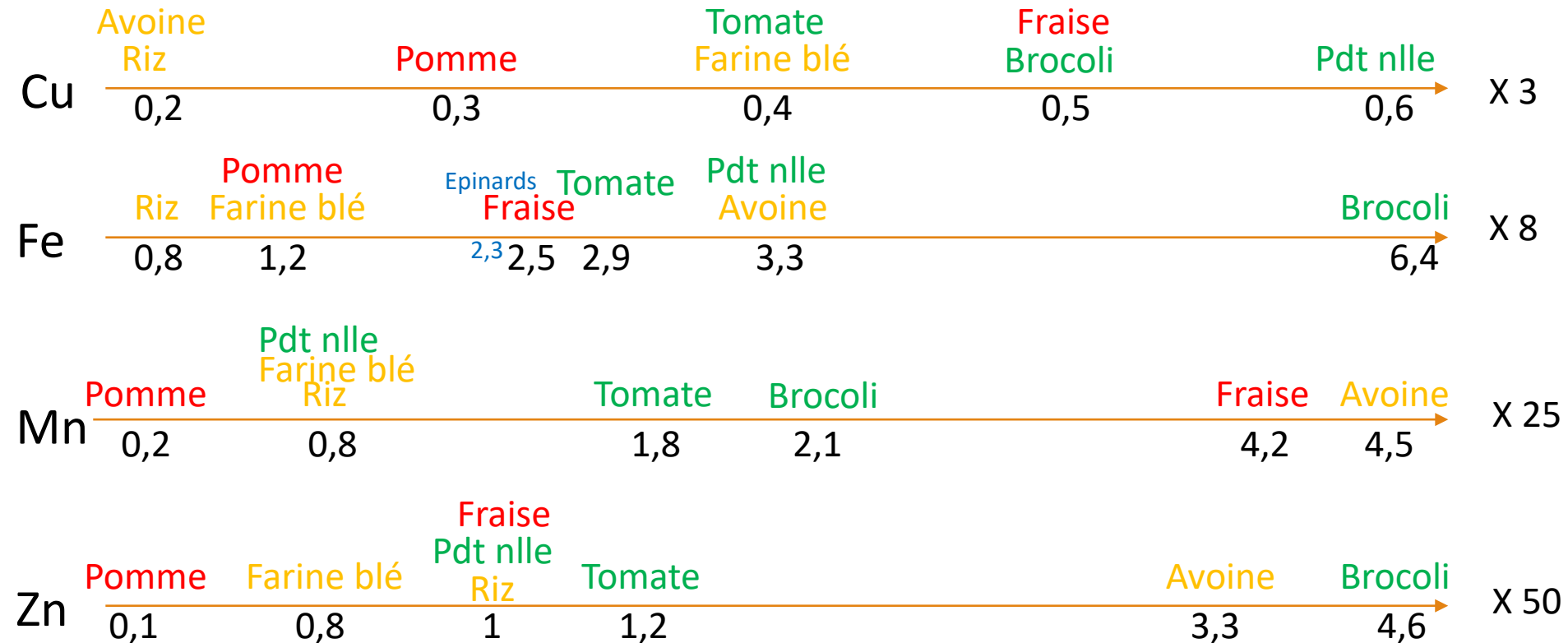


⇒ Exportations annuelles d'OE : de quelques dizaines à centaines de grammes par ha

OE dans les aliments : variabilité interspécifique

Ekholm *et al.* 2007

(mg / 100 g ms)



OE dans les aliments : variabilité interspécifique

Ekholm *et al.* 2007

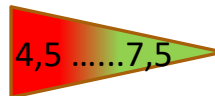
(mg / 100 g ms)



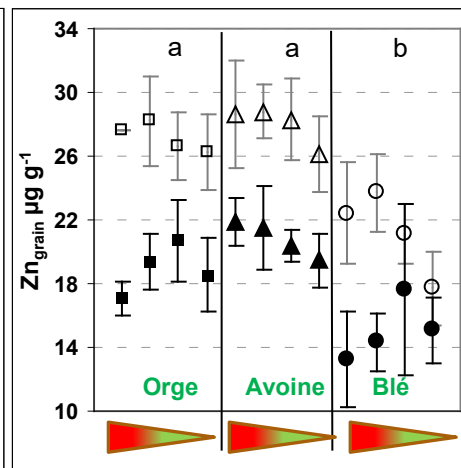
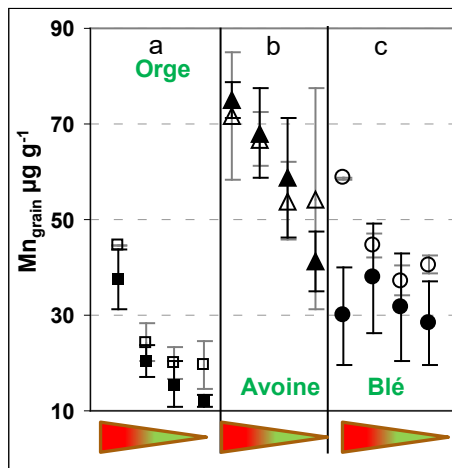
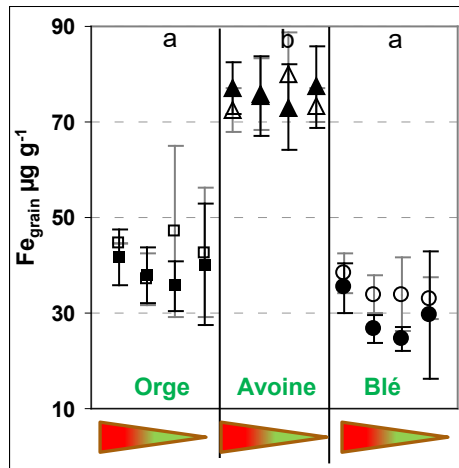
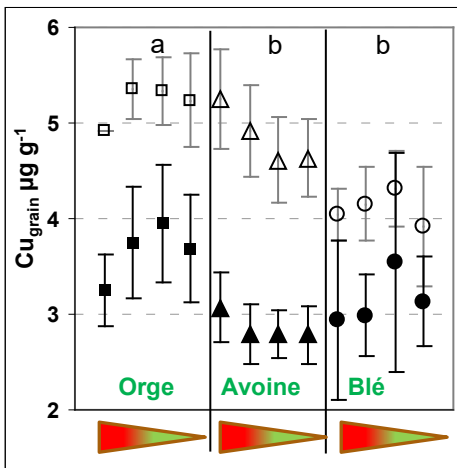
- ⇒ Pas de logique suivant le type d'aliments : 2 céréales encadrent l'échelle des concentrations
- ⇒ Classement relativement identique, quels que soient les OE
- ⇒ Pas de relation entre teneur en OE et sévérité des symptômes de carence

Facteurs de variation des concentrations en oligoéléments

Plages de pH



■ Sa-Li
 □ Li-A

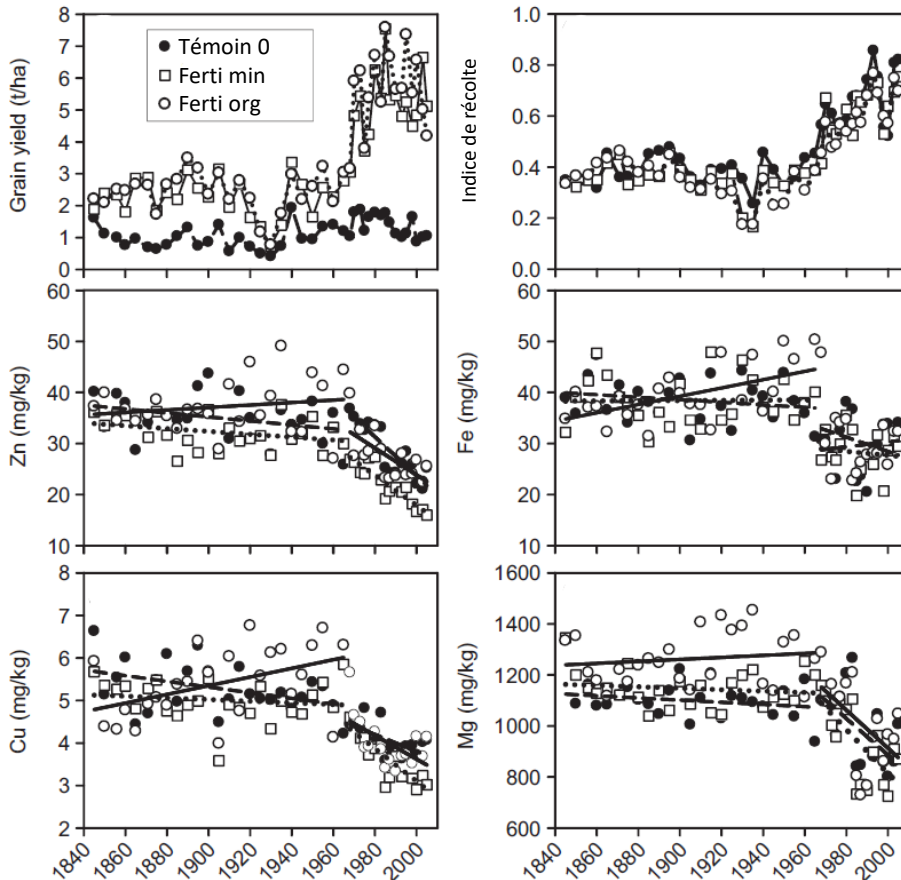


Jordan-Meille et al. 2021

- ⇒ Effet pH du sol sur qualité des grains dépend de l'espèce
- ⇒ Qualité du grain dépend type de sol (indépendamment du pH)
- ⇒ Effets sol ou pH du même ordre de grandeur qu'effets espèces
- ⇒ La mesure des OE extractibles du sol se corrèle mal avec contenu des grains

Difficultés prédiction
 qualité des récoltes

OE dans les aliments : effet de la sélection variétale



X $[MO]_{sol}$
X $[éléments]_{sol}$

⇒ Effet variétal

- ↑ Dilution?
- ↓ Biomasse racinaire ?
- ↓ Mycorhization
- ↓ Redistribution ?

OE dans les aliments : effet de la sélection variétale

Absorptions moyennes journalières par personne (céréales, légumes)

	Années 2000, mg / jour / 10 MJ	Années 1970, mg / jour / 10 MJ	Variations
Mg	161	144	12% ↑
K	1590	1390	15% ↑
Ca	116	76	52% ↑
P	422	441	4% ↓
Mn	3.2	3.8	14% ↓
Zn	3.0	4.0	25% ↓
Cu	0.7	0.8	20% ↓
Fe	4.4	6.3	30% ↓

⇒ Les quantités de micronutriments ingérés dans nos régimes diminuent

Oligoélément et physiologie végétale : Messages-clés



Définition essentiellement analytique : symptômes de carence peu liés à leurs fonctions

Ecart de concentrations très larges entre éléments (Mo / Fe = 1 : 1000)

Forte variabilité des concentrations, par élément (tissu, pH, texture, climat, pratiques ...), comprises entre seuils de carence et de toxicité (1 : 10)

Exportations variant de 10 g (Mo) à plusieurs centaines de g par ha, voire kg (Fe)

Peu de lien entre concentrations dans les parties comestibles et les indicateurs d'offre du sol

Pas de relation entre concentration dans parties comestible et famille d'aliments

La dilution des oligoéléments dans les cultivars modernes entraîne des risques de malnutrition

Littérature consultée

12 AVRIL 2022
WEBINAIRE

comifer

Oligo-éléments et contaminants métalliques en agriculture :
quelles réponses face aux enjeux agronomiques, sanitaires, environnementaux ?



Journal of Food Composition and Analysis 20 (2007) 487–495

Original Article

Journal of Food Composition and Analysis

www.elsevier.com/locate/jfca

Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland

Päivi Ekholm^{a,*}, Heli Reinivu^b, Pirjo Mattila^c, Heikki Pakkala^b, Jani Koponen^d, Anu Happonen^d, Jarkko Hellström^c, Marja-Leena Ovaskainen^b

^aDepartment of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki, Finland
^bNational Public Health Institute, Department of Epidemiology and Health Promotion, Finland
^cMTT Agrifood Research Finland, Food Research, Finland
^dFood and Health Research Centre, Department of Clinical Nutrition, University of Kuopio, Finland
 Received 12 June 2006; received in revised form 31 January 2007; accepted 1 February 2007

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja

The grain mineral composition of barley, oat and wheat on soils with pH and soil phosphorus gradients

L. Jordan-Meille^{a,*}, J.E. Holland^b, S.P. McGrath^c, M.J. Glendinning^d, C.L. Thomas^c, S. M. Haefele^e

^aCIRI 1291 INRA, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Villenave d'Ornon, France
^bRoyal Farm Cottage, Leighton, St Andrew, BT14 6DE, UK
^cDepartment of Sustainable Agricultural Science, Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, UK
^dDepartment of Computational and Analytical Science, Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, UK

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 22 (2008) 315–324

Journal of Trace Elements in Medicine and Biology

www.jtsem.de/jtsem

FOOD CHAIN

Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years

Ming-Sheng Fan^{a,b}, Fang-Jie Zhao^{a,*}, Susan J. Fairweather-Tait^c, Paul R. Poulton^a, Sarah J. Dunham^a, Steve P. McGrath^d

^aRothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire AL5 2JQ, UK
^bCollege of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing, People's Republic of China
^cSchool of Medicine, Health Policy and Practice, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, UK