



Quelle est la biodisponibilité du cuivre dans les sols viticoles ?

Philippe Hinsinger



Points importants

- **Introduction : Historique** – niveaux de contamination des sols

- Concept de **biodisponibilité**

- **Phytotoxicité** du cuivre y compris pour la vigne

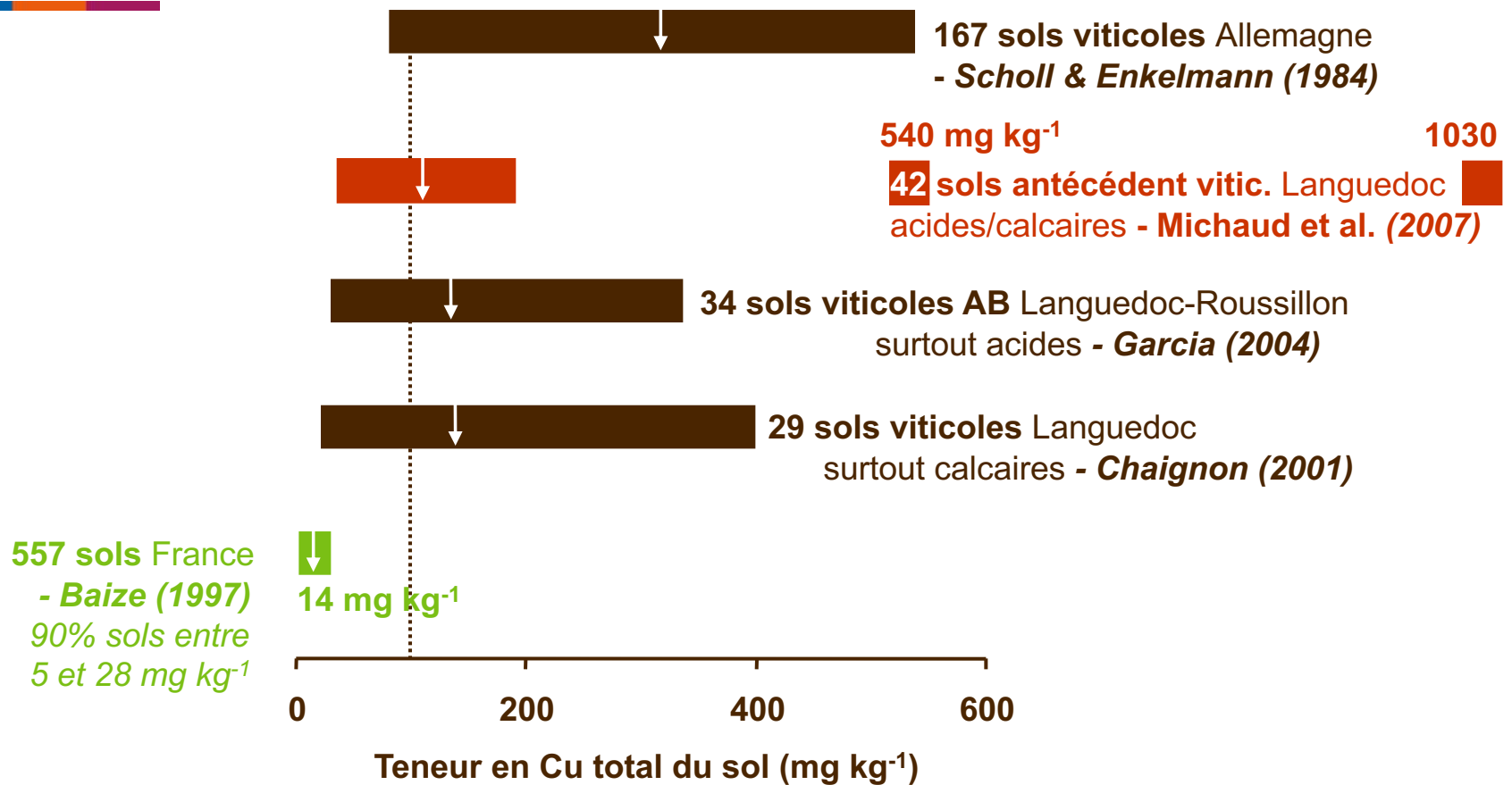


- **Ecotoxicité** du cuivre pour les **organismes du sol**

- **Conclusion : Durabilité** des pratiques ?



Historique de contamination des sols



Gammes de teneurs en Cu total des sols viticoles dans quelques études en France et Allemagne



Historique de contamination des sols

Carte des teneurs en Cu disponible (Cu-EDTA) des sols (0-30 cm) de France - Source : RMQS

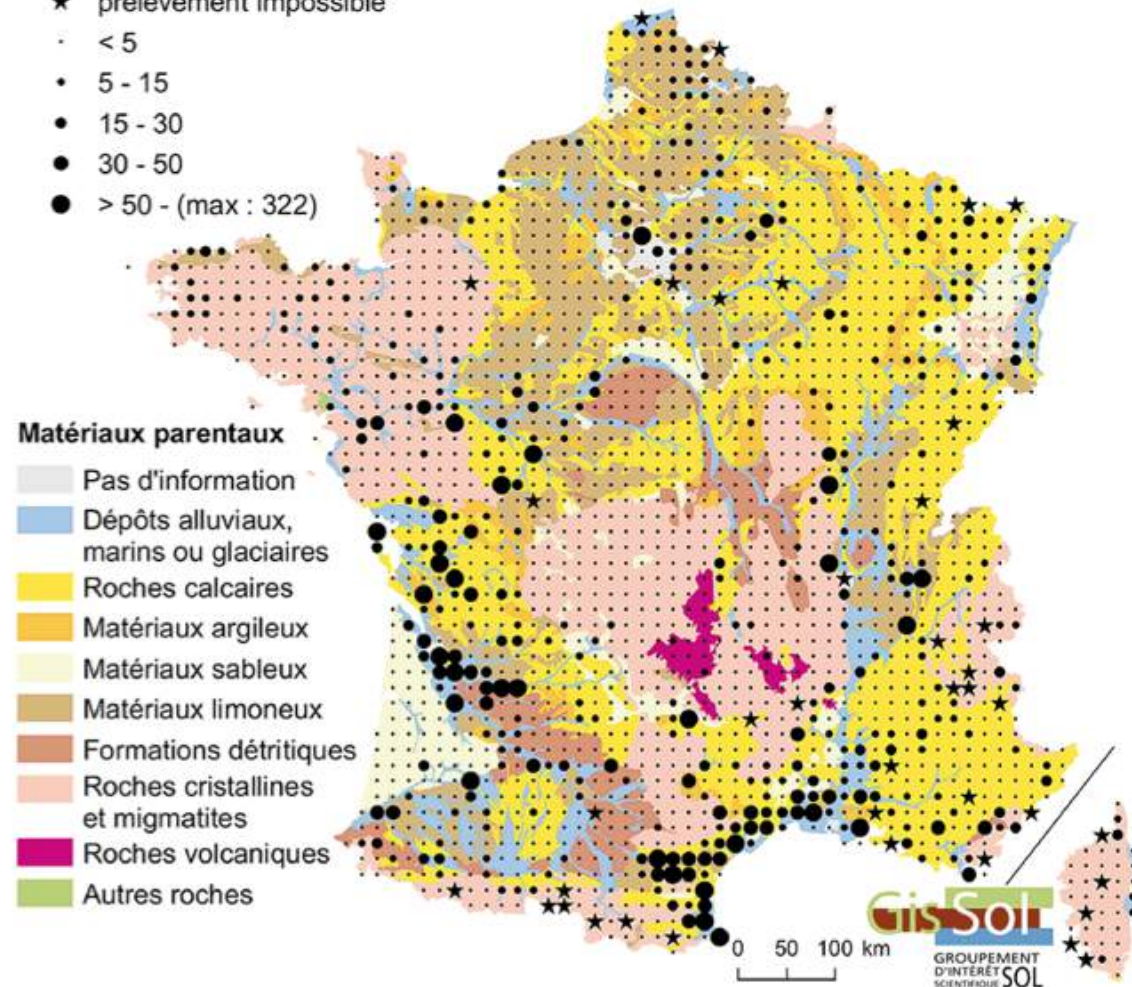
= carte du vignoble français !!!

Teneur en cuivre extractible en mg.kg^{-1}

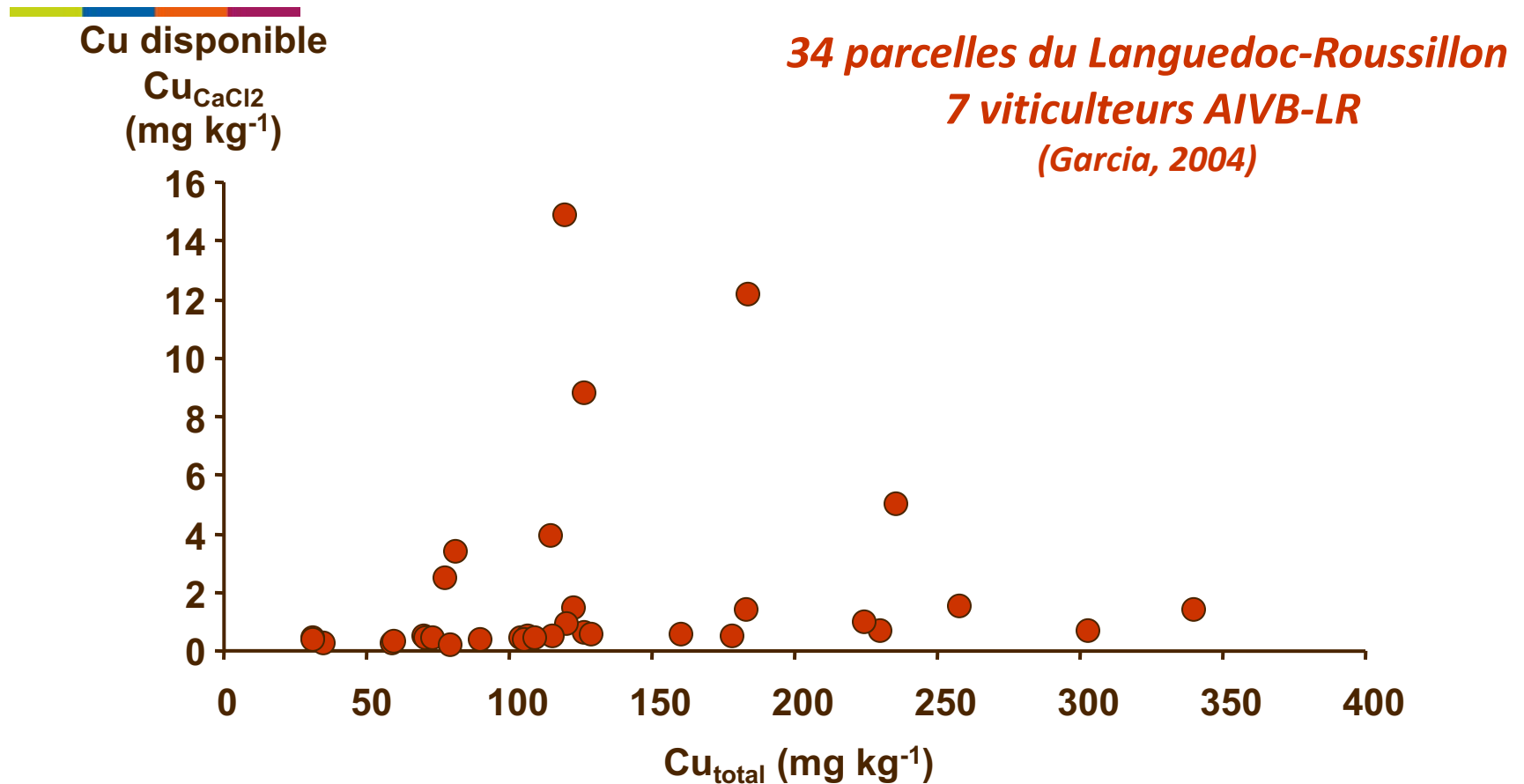
- ★ prélèvement impossible
- < 5
- 5 - 15
- 15 - 30
- 30 - 50
- > 50 - (max : 322)

Matériaux parentaux

- Pas d'information
- Dépôts alluviaux, marins ou glaciaires
- Roches calcaires
- Matériaux argileux
- Matériaux sableux
- Matériaux limoneux
- Formations détritiques
- Roches cristallines et migmatites
- Roches volcaniques
- Autres roches



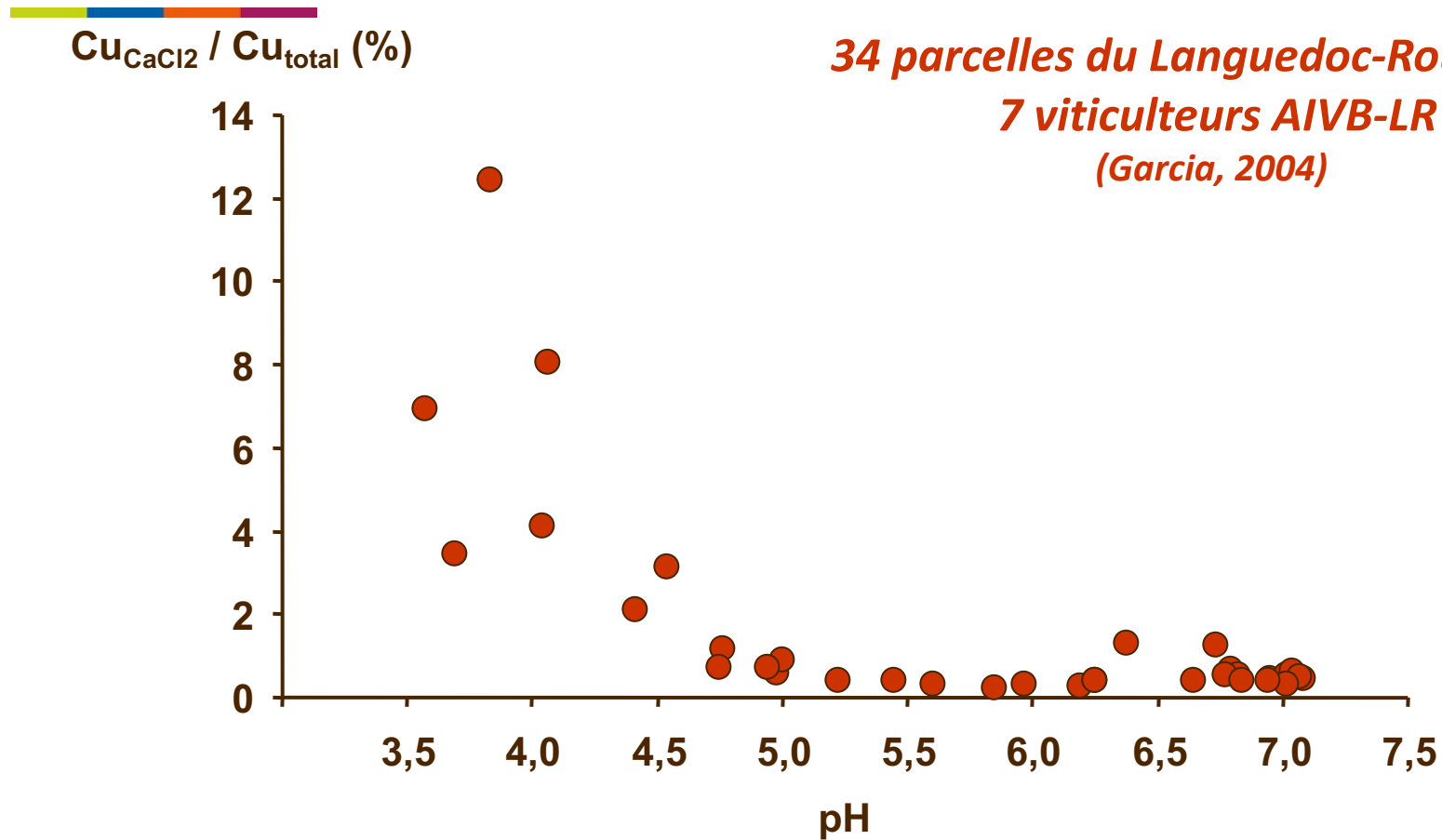
Historique de contamination des sols



La disponibilité de Cu est indépendante
de la teneur en Cu total dans les sols viticoles



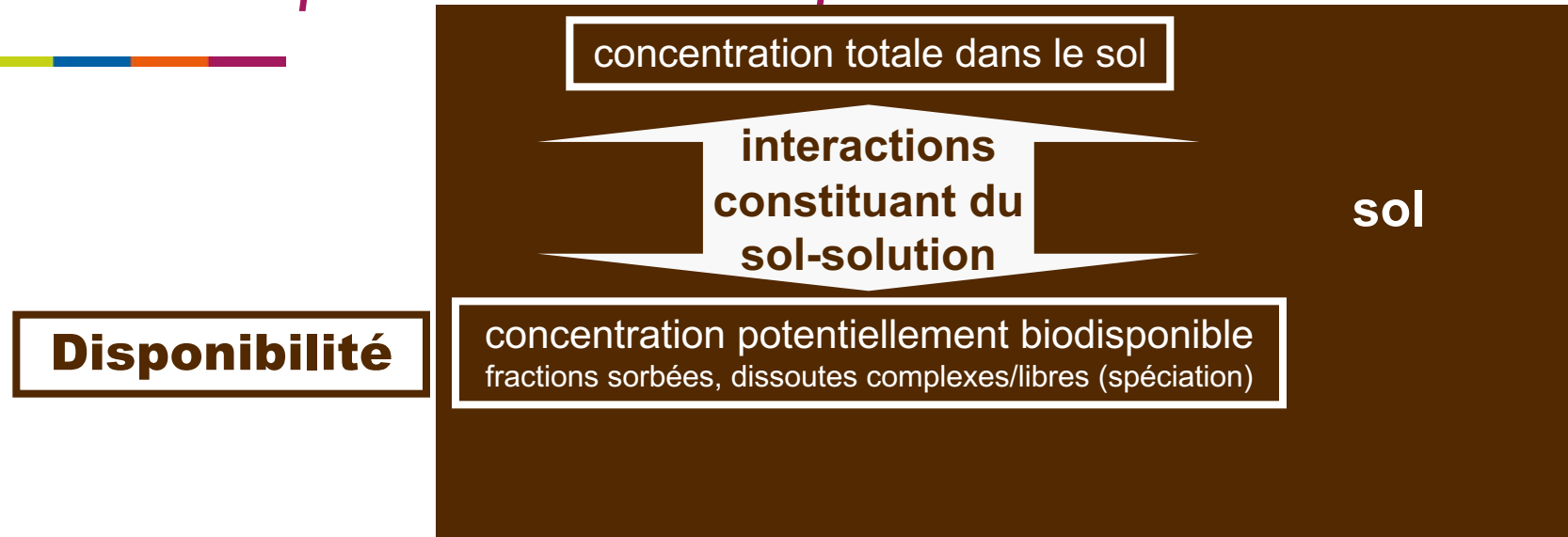
Historique de contamination des sols



La fraction de Cu disponible augmente fortement dans les sols à pH acide ($\text{pH} < 5$)



Concept de biodisponibilité



Du fait de multiples interactions entre le cuivre et les constituants du sol (argiles, mat. organiques), **seule une petite fraction du cuivre total est disponible = susceptible de passer en solution**



vers un concept commun → travaux ISO/DIS 17402

Séminaire de recherche – 21&22 novembre 2017 (Lanno et al., 2004 – *Ecotox. Environ. Safety* 57)
Plan National Dépollution du Vignoble

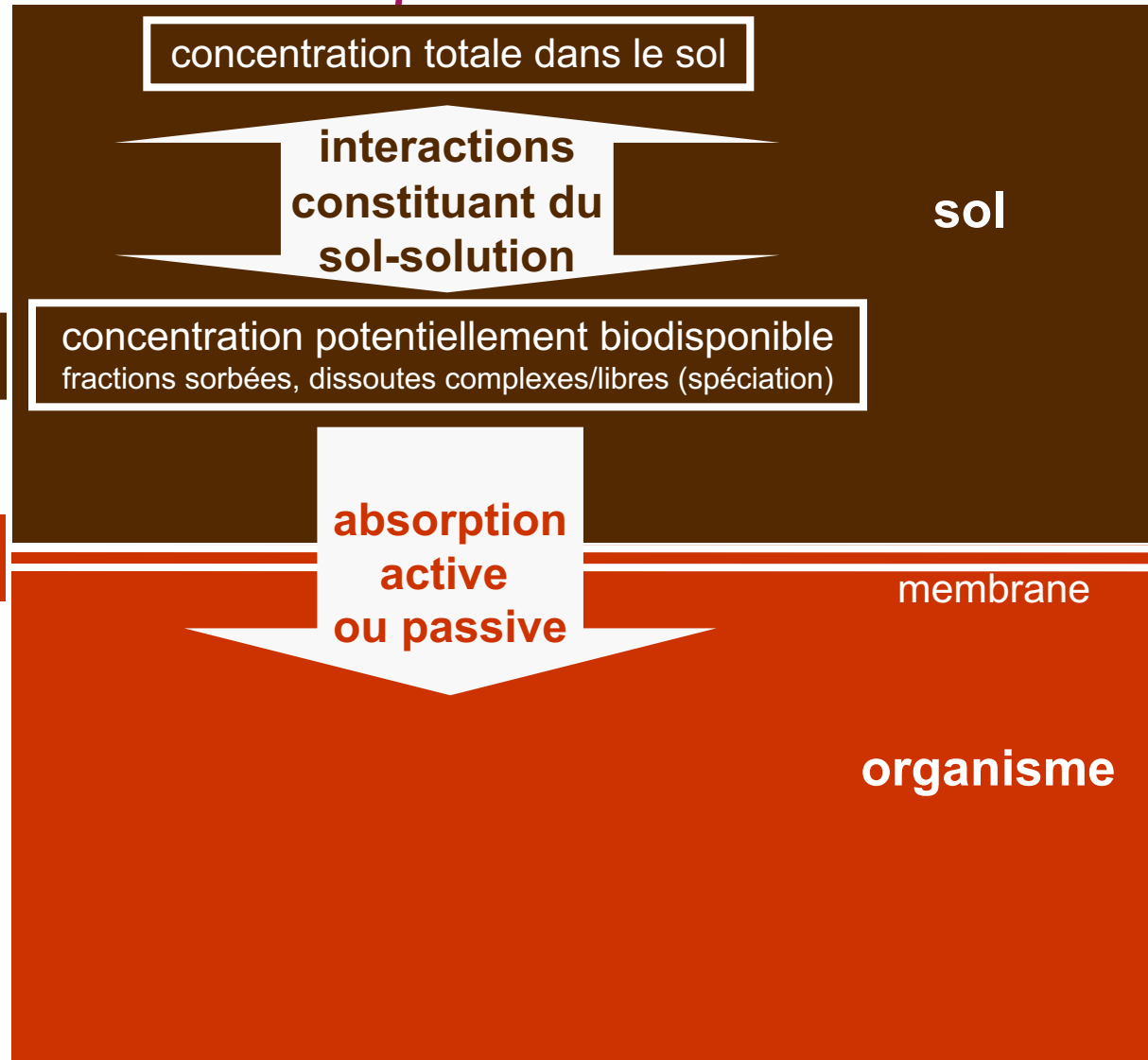
Concept de biodisponibilité



Disponibilité

Biodisponibilité

varie par définition
selon l'organisme
considéré
et ses capacités
d'absorption...



vers un concept commun → travaux ISO/DIS 17402



Concept de biodisponibilité



Disponibilité

Biodisponibilité

varie par définition
selon l'organisme
considéré
et ses capacités
d'absorption...
... et à modifier
la disponibilité dans
son environnement

concentration totale dans le sol

interactions
constituant du
sol-solution

sol

concentration potentiellement biodisponible
fractions sorbées, dissoutes complexes/libres (spéciation)

zone

bio-influencée

absorption
active
ou passive

membrane

organisme

vers un concept commun → travaux ISO/DIS 17402

Séminaire de recherche – 21&22 novembre 2017 (Lanno et al., 2004 – Ecotox. Environ. Safety 57)
Plan National Dépérissement du Vignoble



Concept de biodisponibilité



Disponibilité

concentration totale dans le sol

interactions
constituant du
sol-solution

sol

concentration potentiellement biodisponible
fractions sorbées, dissoutes complexes/libres (spéciation)

rhizosphère

absorption
active
ou passive

membrane

racine

Plante

Biodisponibilité

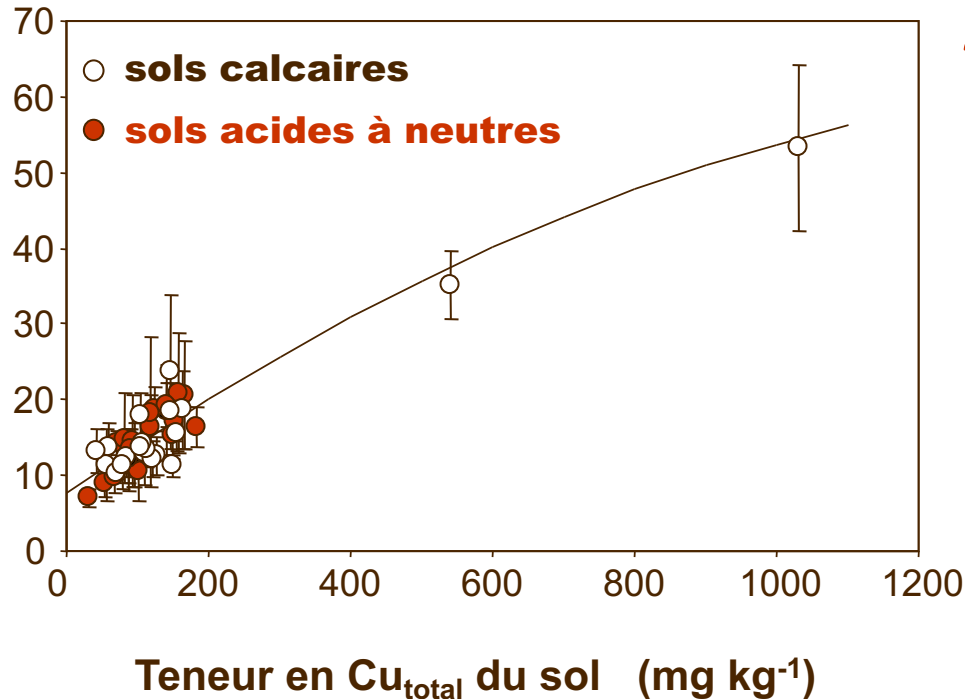
varie par définition
selon l'organisme
considéré
et ses capacités
d'absorption...
... et à modifier
la disponibilité dans
son environnement

vers un concept commun → travaux ISO/DIS 17402



Biodisponibilité du cuivre pour la plante

Teneur en Cu (mesurée avec le RHIZOtest®)
des racines
(mg kg⁻¹)



**42 sols du Languedoc-Roussillon
à antécédent viticole
(Bravin, Michaud, Larabi
& Hinsinger, 2010 – Environ. Poll.)**

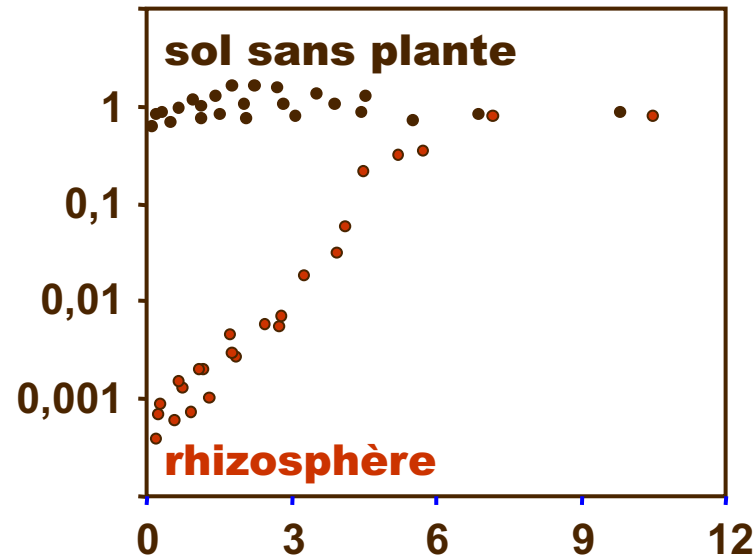
La biodisponibilité du cuivre chez le blé dur
ne dépend pas du pH du sol mais de la teneur
en cuivre total du sol !!!



Biodisponibilité du cuivre pour la plante



(Cu²⁺)
(μM)



Distance par rapport à la surface des racines (mm)

Sol ant. viticole acide Cu_{total} # 185 mg kg⁻¹ sol

(Bravin, Tentscher, Rose & Hinsinger, 2009 – Environ. Sci. Technol. 43)

La concentration du cuivre diminue fortement dans la rhizosphère du blé dur en sol contaminé

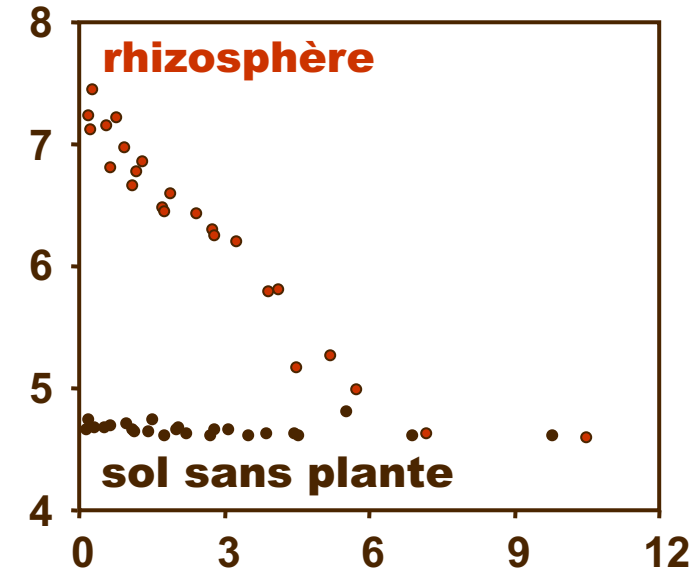
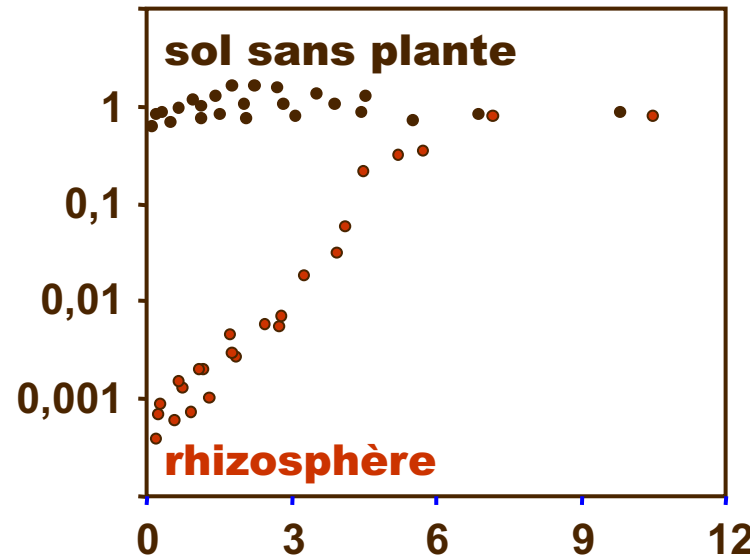


Biodisponibilité du cuivre pour la plante



(Cu²⁺)
(μM)

pH



Distance par rapport à la surface des racines (mm)

Sol ant. viticole acide Cu_{total} # 185 mg kg⁻¹ sol

(Bravin, Tentscher, Rose & Hinsinger, 2009 – Environ. Sci. Technol. 43)

La concentration du cuivre diminue fortement dans la rhizosphère du blé dur du fait d'une forte alcalinisation par les racines



Phytoxicité du cuivre dans les sols

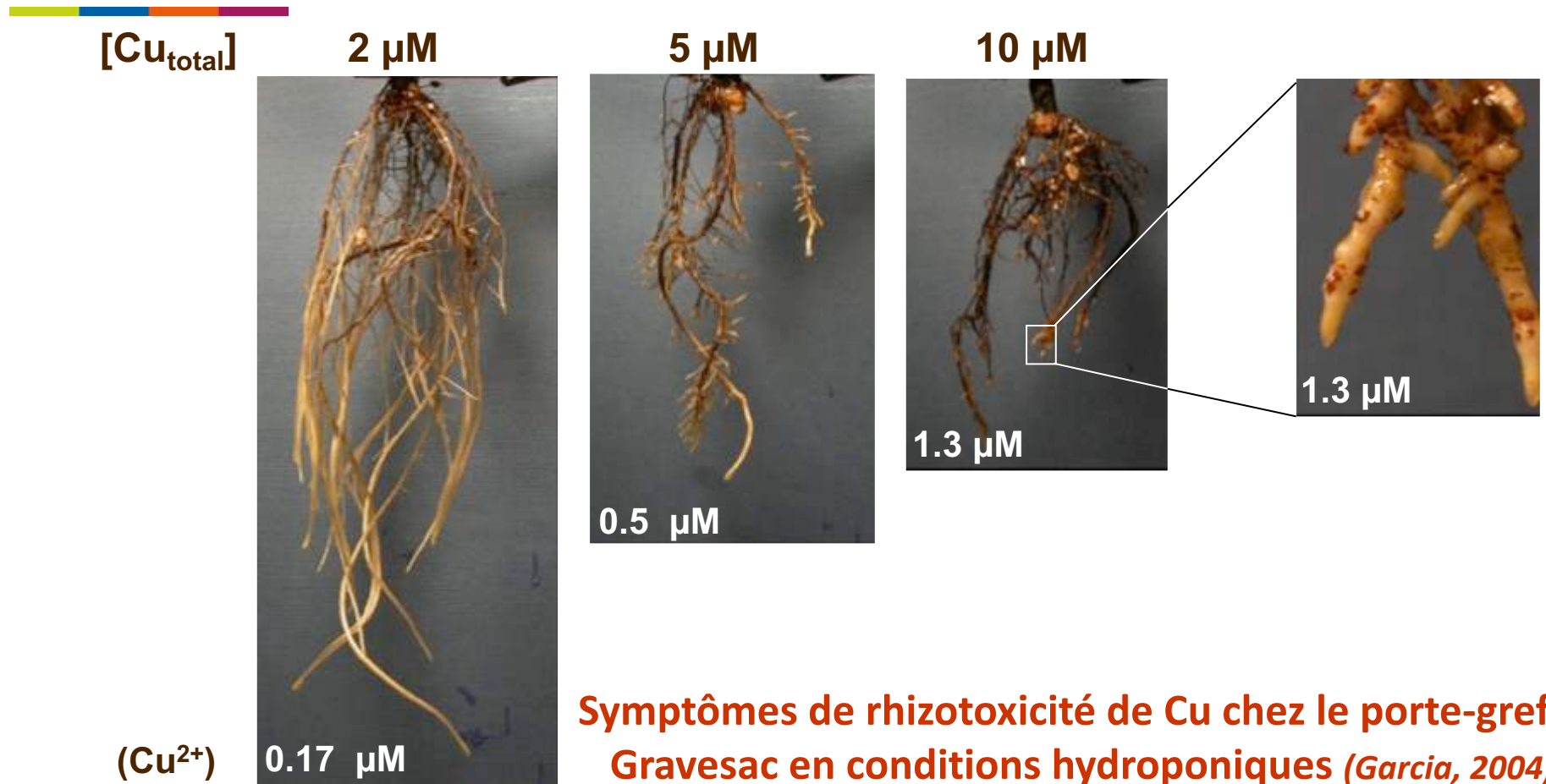
Chlorose
ferrique
chez le blé
dur en sols
à antécédent viticole !!!...



sols calcaires à antécédent viticole autour de Béziers
(Michaud, Bravin, Galleguillos & Hinsinger, 2007 – Plant Soil 298)



Phytoxicité du cuivre chez la vigne



La vigne n'est pas particulièrement tolérante...



Phytoxicité du cuivre chez la vigne

... pourtant, peu de cas avérés ont été rapportés sur vigne, depuis les travaux anciens de Delas dans le Bordelais, sur des plantiers en sols acides...

- par évitement: les racines coloniseraient rapidement le sous-sol peu contaminé
- par évitement: les racines diminueraient la disponibilité de Cu dans leur rhizosphère

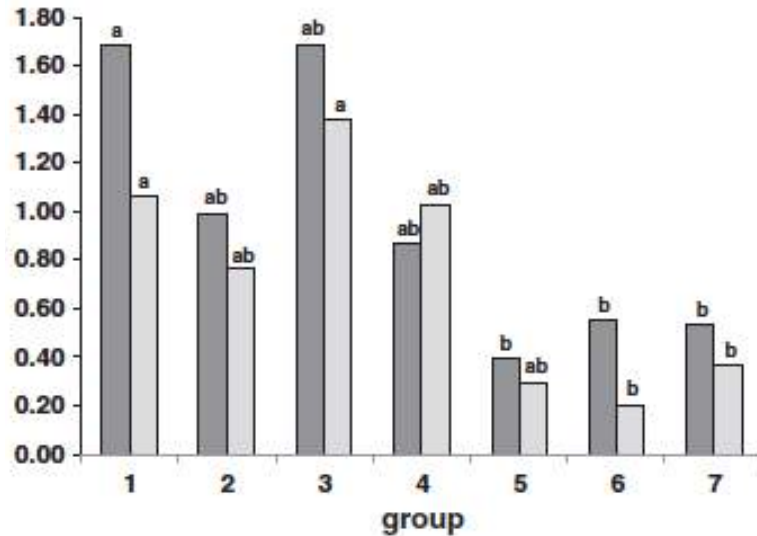
... des hypothèses à tester



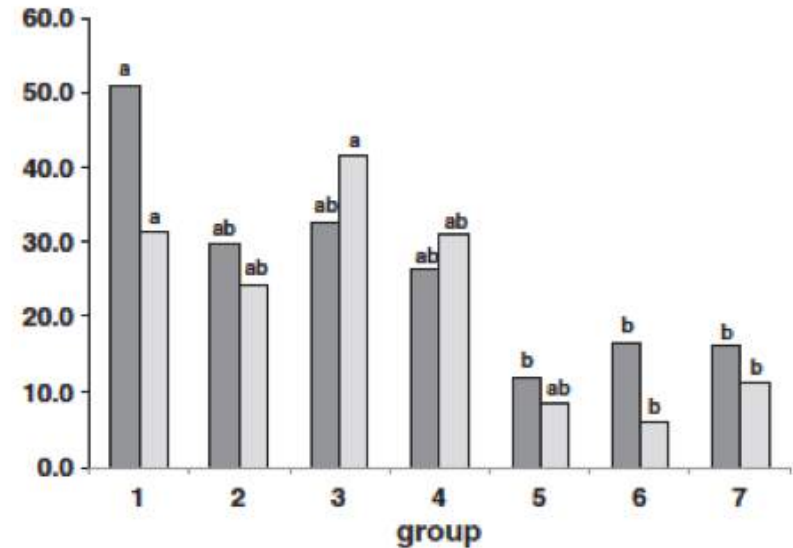
Ecotoxicité pour les organismes du sol



Respiration / C_{org.}



Biomasse microbienne / C_{org.}



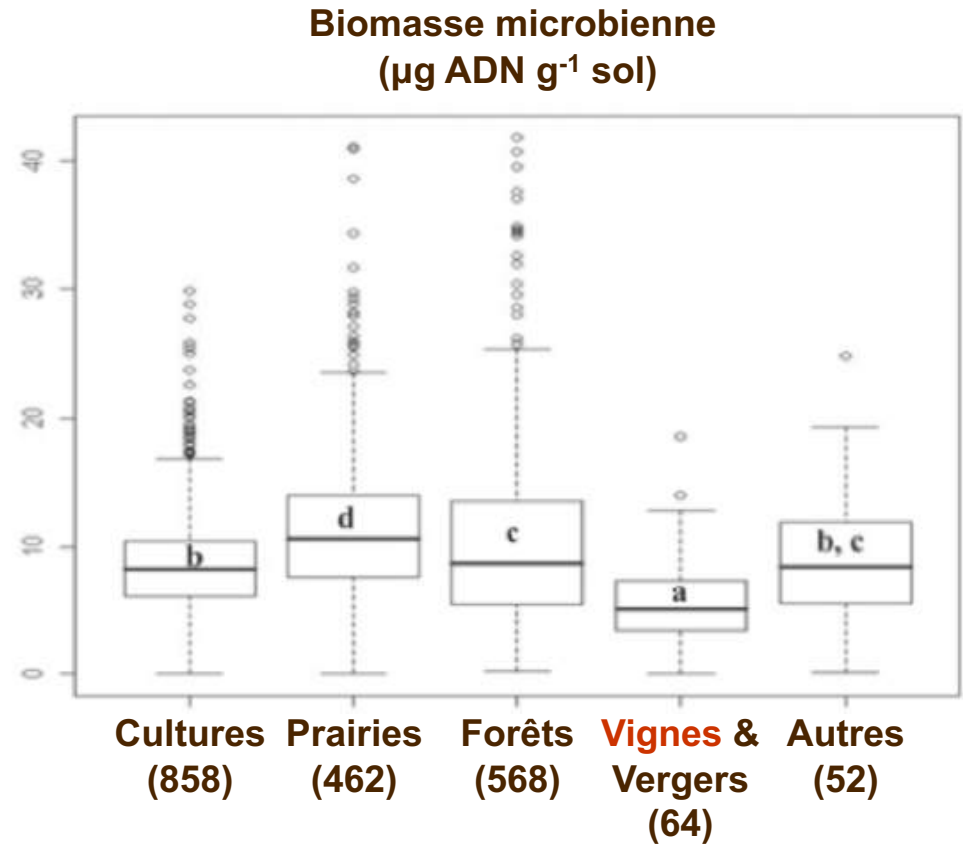
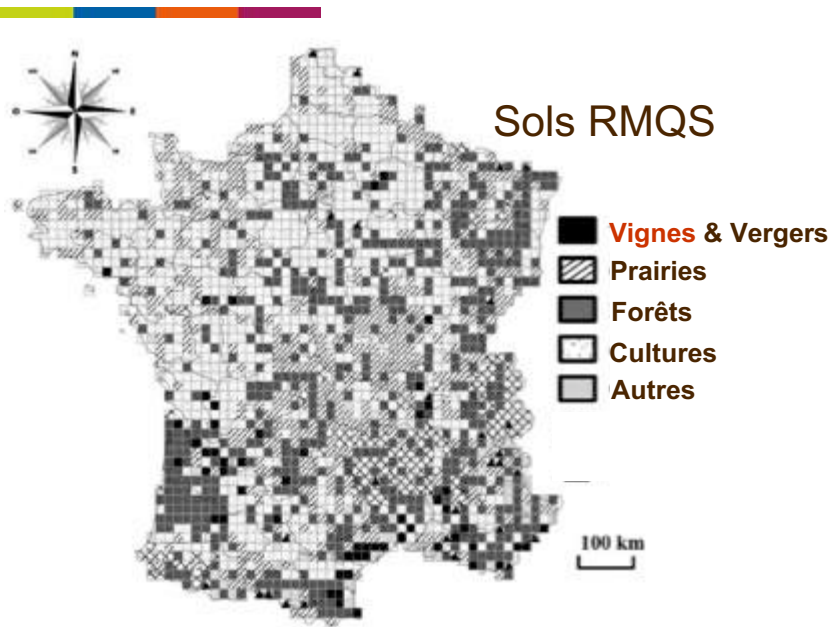
	group 1	group 2	group 3	group 4	group 5	group 6	group 7
Cu _T (mg kg ⁻¹)	<50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
Cu _{Ex} (mg kg ⁻¹)	<2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	>15

Sols viticoles – Espagne (Soler-Rovira et al., 2013 – Sci. Tot. Environ. 447)

Impact de la teneur en Cu du sol sur les activités et biomasses microbiennes



Ecotoxicité pour les organismes du sol



La biomasse microbienne est significativement plus faible en vigne que dans les autres agroécosystèmes



Conclusion - durabilité des pratiques

Les sols viticoles sont contaminés en Cu...

- La **disponibilité** (analyse de terre) **n'est pas un indicateur fiable de la biodisponibilité** car elle est influencée par les organismes vivants
- **Effets phytotoxiques avérés**, rares sur vignes ?
- **Effets significatifs sur communautés microbiennes**



... il faut utiliser Cu plus parcimonieusement
comme tous les autres pesticides !!!

... et trouver des alternatives plus durables...



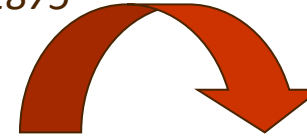
Merci



Historique de contamination des sols

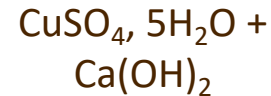


depuis 1875

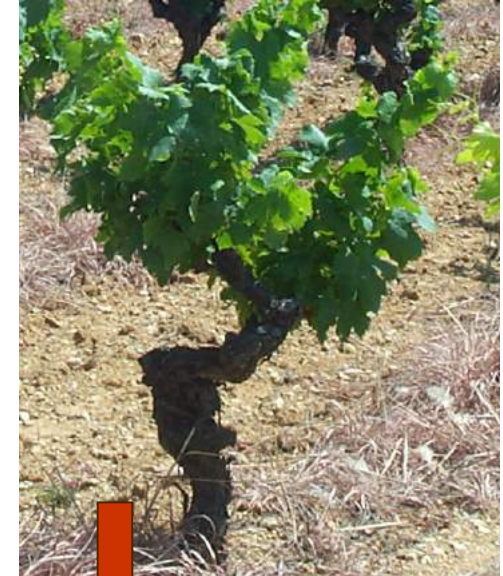


Fongicides cupriques

ex.: bouillie
bordelaise



1-15 apports an⁻¹
2-50 kg Cu ha⁻¹ an⁻¹



**Accumulation de Cu
dans les horizons superficiels du sol**

10-30  100-1000 mg Cu kg⁻¹

Un long historique
d'utilisation des sels
de cuivre comme
fongicides

en viticulture notamment



Phytoxicité du cuivre dans les sols



20 115 190 435 560 575 680 750 830

Cu_{total} du sol (mg kg^{-1})

(Smolders, 2007)

Rhizotoxicité chez l'orge: le cuivre affecte en premier lieu l'élongation racinaire

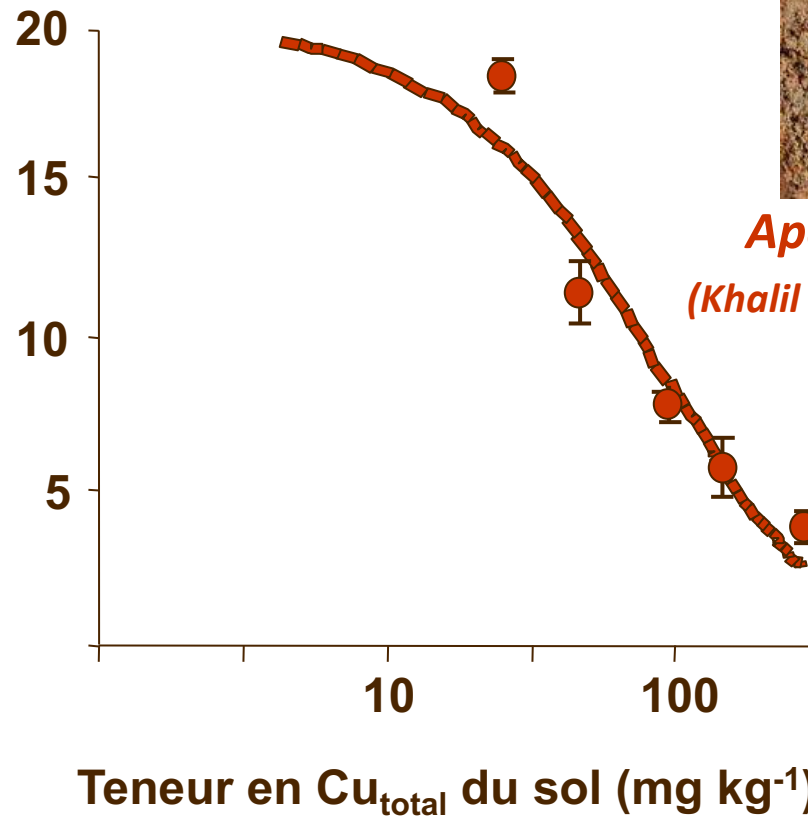


Ecotoxicité pour les organismes du sol



Les vers
de terre
sont sensibles
du fait de leur
exposition
par ingestion
de sol contaminé

Biomasse
(mg)

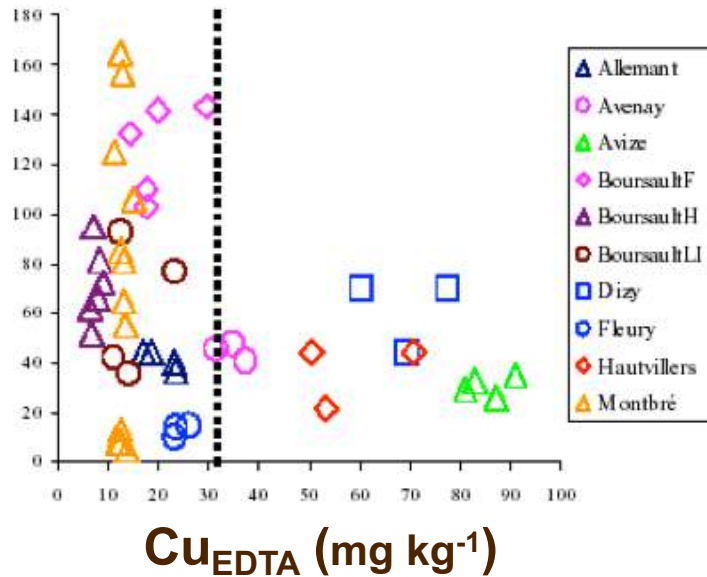


Aporectodea caliginosa
(Khalil et al., 1996 – Appl. Soil Ecol. 4)



Ecotoxicité pour les organismes du sol

Abondance
vers de terre
(individus m⁻²)



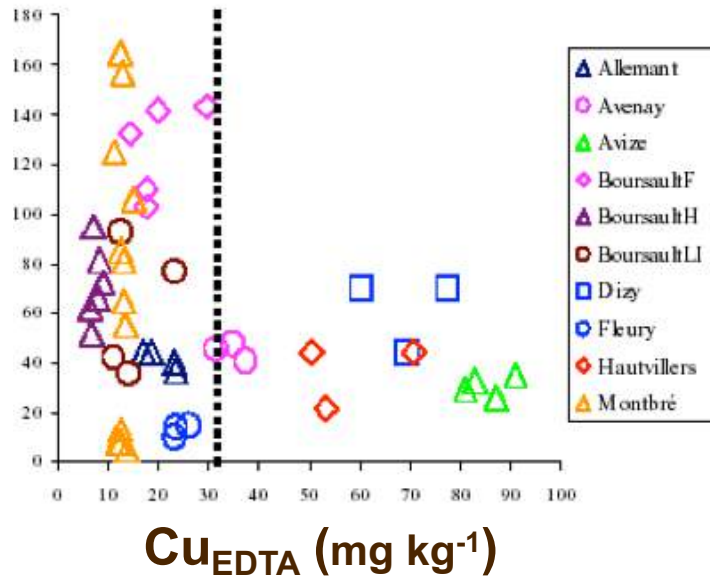
Champagne – réseau
expé. VITI 2000
(Cluzeau et al., 2003)

Effet-seuil de la disponibilité de Cu du sol sur les vers de terre

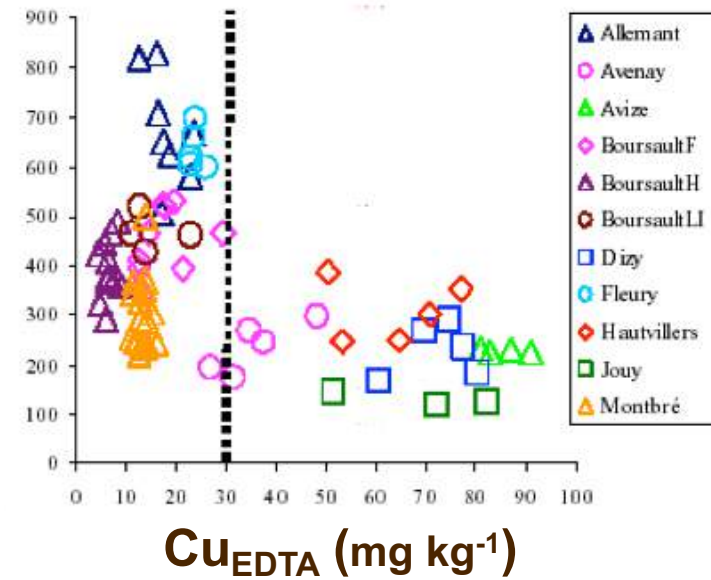


Ecotoxicité pour les organismes du sol

Abondance
vers de terre
(individus m⁻²)



Biomasse
microbienne
(mg C kg⁻¹)



Impact de la disponibilité de Cu du sol sur les vers de terre et les communautés microbiennes

