

Conséquences des excès de cuivre dans les sols et les végétaux

Introduction : le cuivre est indispensable à la vigne !

1 – Effets sur le végétal

- phytotoxicité directe
- phytotoxicité sur les racines
- perturbation de la nutrition

2 – Effets sur le sol

3 – Moyens de contrôle et d'action



INTRODUCTION

On oublie souvent que le cuivre est un élément indispensable à la vie végétale, notamment sur la fonctionnalité de l'azote.

Liste des éléments minéraux indispensables et exemple de teneurs dans le végétal (de H.J.M. BOWEN, 1966)

		Teneur dans le végétal (ppm MS)	
Eléments Organiques	Carbone	C	454 000
	Oxygène	O	410 000
	Hydrogène	H	55 000

Macro-Eléments	Azote	N	30 000
	Calcium	Ca	18 000
	Potassium	K	14 000
	Soufre	S	3 400
	Magnésium	Mg	3 200
	Phosphore	P	2 300

Micro-Eléments	Fer	Fe	450
	Manganèse	Mn	350
	Zinc	Zn	160
	Bore	B	50
	Cuivre	Cu	14
	Molybdène	Mo	0,9

Les besoins en cuivre d'une vigne sont estimés entre 30 et 100 g/ha/an.

Un seul traitement avec une bouillie bordelaise amenant de 300 à 5000 g/ha de cuivre métal, la carence en cuivre n'est pas observée en vignoble.

La carence en cuivre sur vigne ne se trouve, actuellement, qu'en conditions d'expérimentation. Le risque est plutôt d'excès avec des effets sur le végétal et sur le sol. Nous n'aborderons pas les effets sur la vinification et les vins.

Il faut distinguer trois aspects :

- 1 - La phytotoxicité directe sur le feuillage :

Il s'agit d'une agressivité physique de l'apport sur le feuillage, se caractérisant par une multitudes de petites lésions brunâtres sur les feuilles et les baies et/ou une déformation des jeunes feuilles, le plus souvent à la suite de périodes froides et humides.

A noter que des effets dépressifs, sans symptômes, peuvent arriver, surtout par temps humide.





Ephytia



- 2 - La phytotoxicité sur les racines :

L'excès de cuivre au sol va agresser physiquement les radicelles ou empêcher leur formation (pénalisation des micro-organismes rhizosphériques)

Ce phénomène peut être observé, visuellement, sur plantiers (conduisant parfois à la mortalité) ou simplement participer à des difficultés végétatives de la vigne, sans symptômes particuliers.

On va le retrouver essentiellement en sol à forte acidité ou en facteur additionnel à d'autres conditions défavorables.




=> Une observation racinaire (système racinaire réduit et remontant) et la lecture d'une analyse de sol sont nécessaires.

=> A observer également la qualité de l'enherbement, indicateur assez fiable des excès de cuivre.

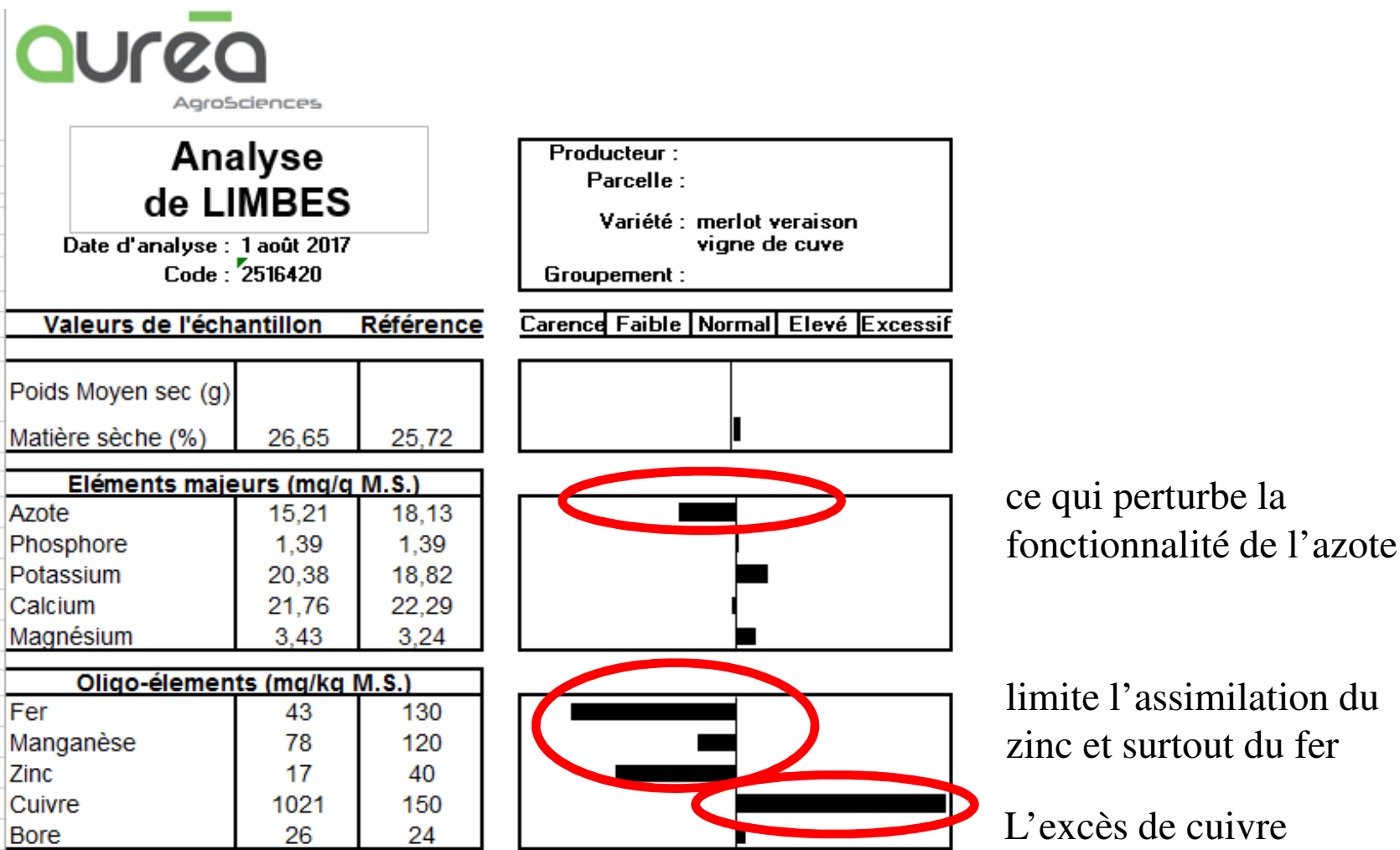


- 3 - La perturbation de la nutrition

Le cuivre est un cation (élément positif) qui, en excès, va soit prendre la place soit complexer les autres cations. Ce phénomène peut être interne au végétal ou au niveau de la rhizosphère. Pour des raisons pondérales, ce sont les autres micro-éléments qui vont être perturbés et ce, d'autant plus, que leur migration dans le végétal est difficile.

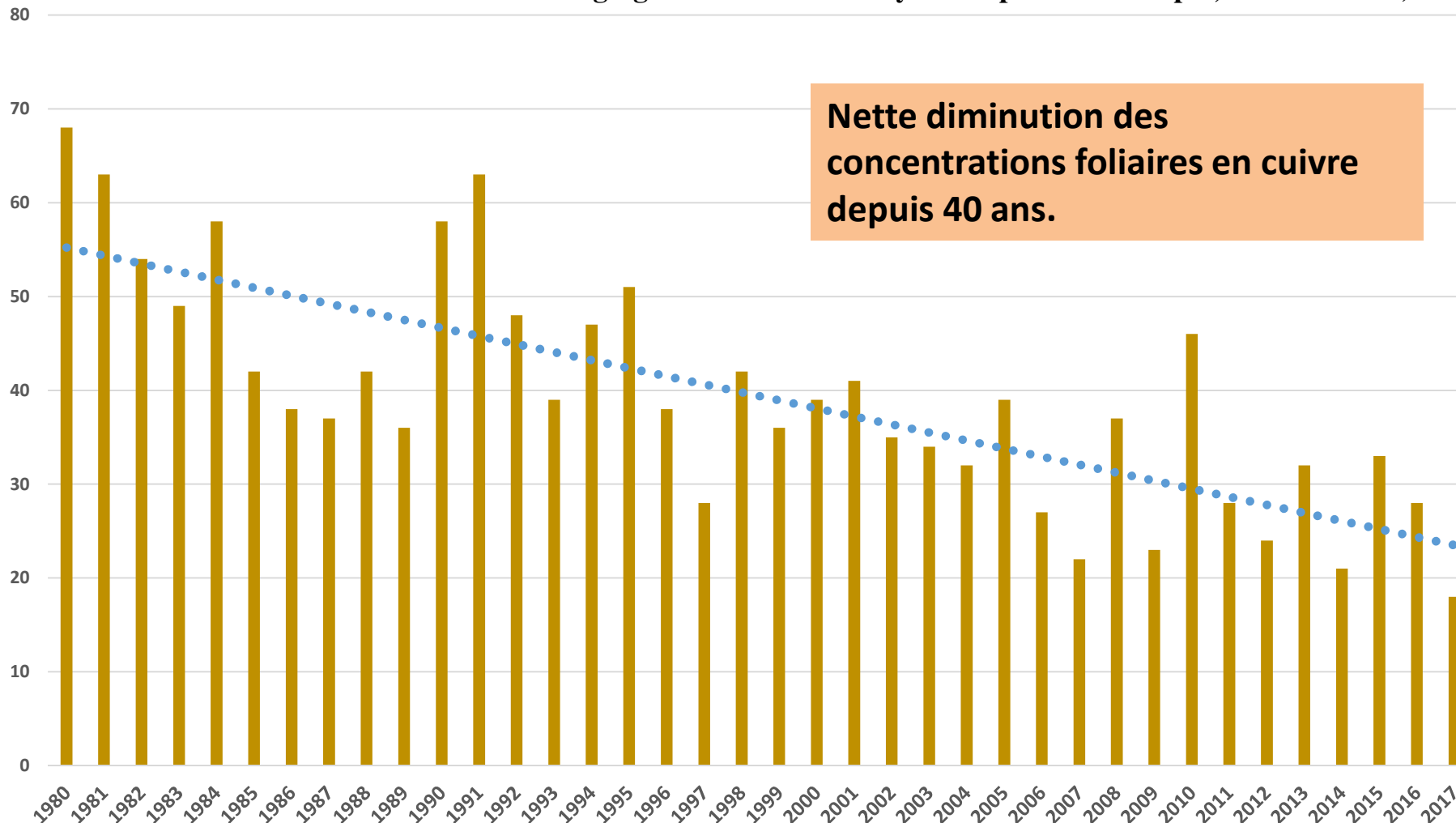
Cu⁺⁺		Fe⁺⁺	Cas le plus fréquemment observé. L'excès de cuivre crée alors des phénomènes de type chlorotique, même en sol à priori peu sensible à ce phénomène.
		Zn⁺⁺	Cas moyennement fréquent, se caractérisant par des difficultés de croissance et des phénomènes de coulures accentués sur cépages sensibles.
		Mn⁺⁺	Cas peu fréquent, la migration du manganèse dans le végétal étant facile.
		Autres oligo-éléments	Pas de cas référencés.

Exemple : Analyse foliaire de merlot de 10 ans / 101-14 montrant des phénomènes chlorotiques diffus sur un sol à pH 7,2 sans calcaire actif, ni déficit en oligo-éléments, mais teneur en Cuivre EDTA de 210 mg/kg.



Evolution des teneurs en cuivre des limbes de vigne depuis 1980

(source AUREA – France entière – veraison – mg/kg - de 250 à 500 analyse / an prises en compte, hors accident)



Conséquences des excès de cuivre dans les sols et les végétaux

Introduction : le cuivre est indispensable à la vigne !

1 – Effets sur le végétal

2 – Effets sur le sol



1 - Constat :

Teneur en cuivre Total des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France (RESF).

Les teneurs en cuivre total naturel des sols dépendent essentiellement des roches-mères dans lesquelles ils se sont formés.

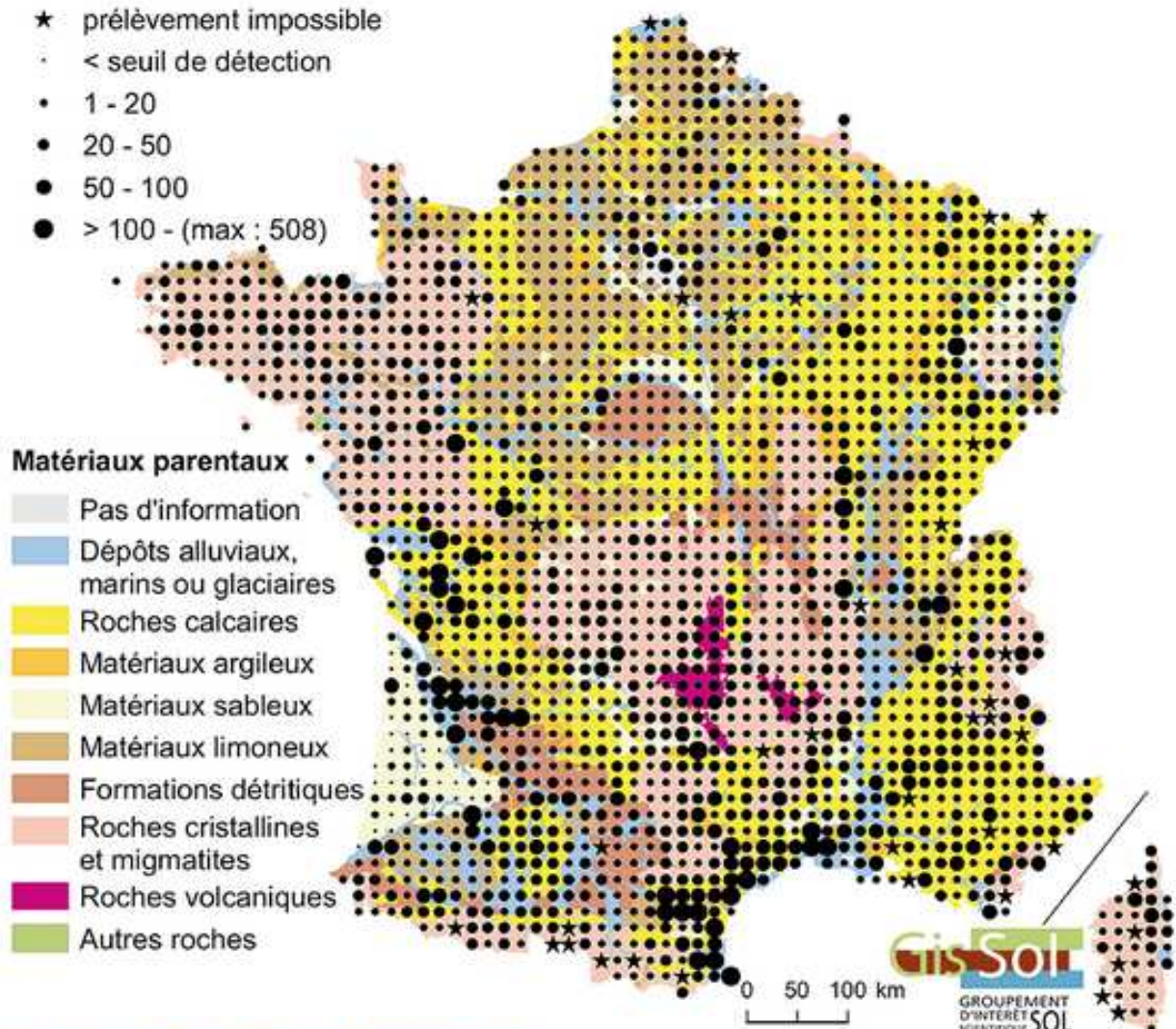
Dans les massifs volcaniques ou hercyniens, les sols sont naturellement plus riches en cuivre.

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

- ★ prélèvement impossible
- < seuil de détection
- 1 - 20
- 20 - 50
- 50 - 100
- > 100 - (max : 508)

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



Source : Gis Sol, RMQS, 2011 ; Inra, BDGSF, 1998.

1 - Constat :

Teneur en cuivre extractible (EDTA) des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France (RESF).

Le cuivre extrait à l'EDTA (forme plus mobile que le cuivre total) est un bon marqueur de l'activité humaine.

On note ainsi des gradients très marqués de contamination autour des lieux fortement urbanisés ou à forte densité de population (IdF, Nord- pas de Calais...).

On retrouve aussi les régions viticoles : bordelais, ouest méditerranée (activité viticole et arboricole), Vals de Loire, vallées de la Saône et du Rhône.

Certaines régions viticoles trop petites ou de formes trop linéaires ne se retrouvent pas dans le maillage utilisé.

A noter également une contamination diffuse des sols en cuivre liée à l'épandage de lisiers (Bretagne).

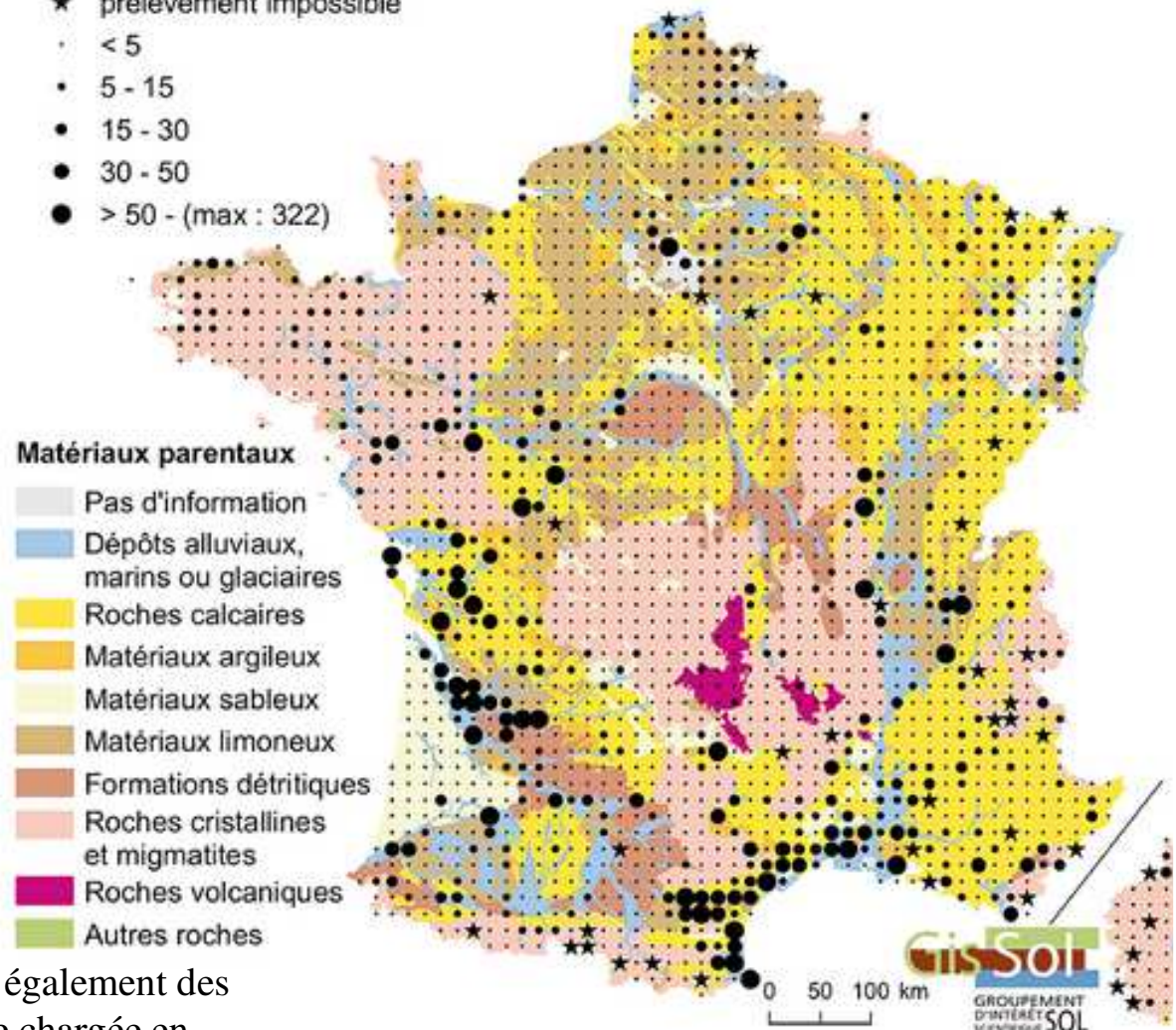
La contamination des sols en cuivre provient également des boues issues du rejet d'eaux usées, de la pluie chargée en cuivre par les combustions d'énergies fossiles et d'engrais.

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

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

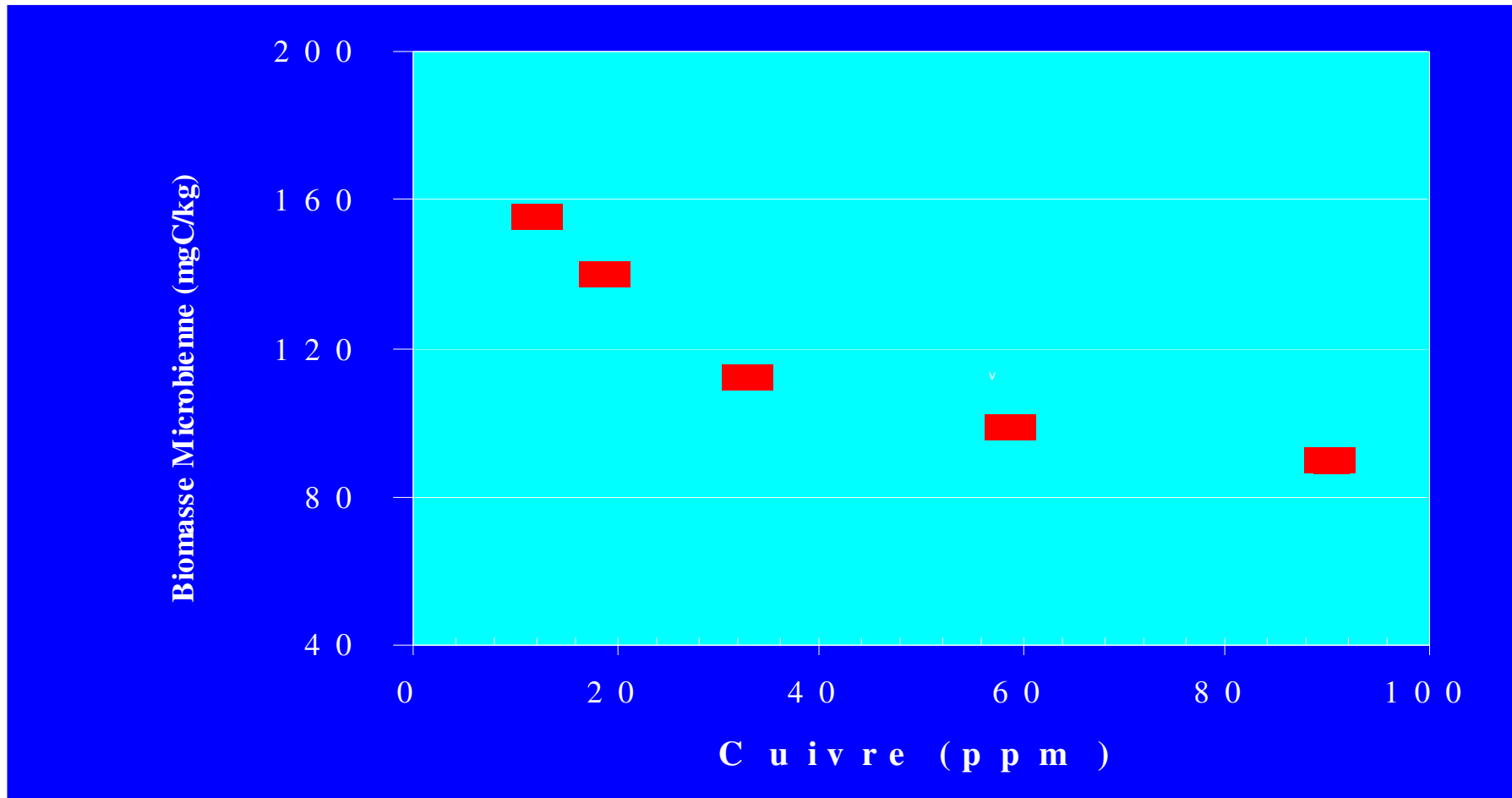
Matériaux parentaux

- 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



- Le cuivre est, à priori, neutre pour la plupart des oiseaux et vertébrés ainsi que sur les insectes (abeilles, auxiliaires...).
- Le cuivre est toxique pour les poissons et classé en substance indésirable pour les eaux destinées à la consommation humaine et dans les eaux souterraines.
- Dans le sol, le cuivre s'accumule dans les premières couches du sol (10 cm) où il devient toxique pour la micro faune et flore du sol (vers de terre, champignons, bactéries...), mais avec des niveaux très différents selon les sources bibliographiques.
- Ce phénomène est très accentué en sol acide car l'acidité solubilise le cuivre.
- En sol calcaire, le cuivre se lie aux argiles (parfois même à l'intérieur des feuillets) et aux carbonates, ce qui limite sa toxicité.

Biomasse Microbienne et Cuivre

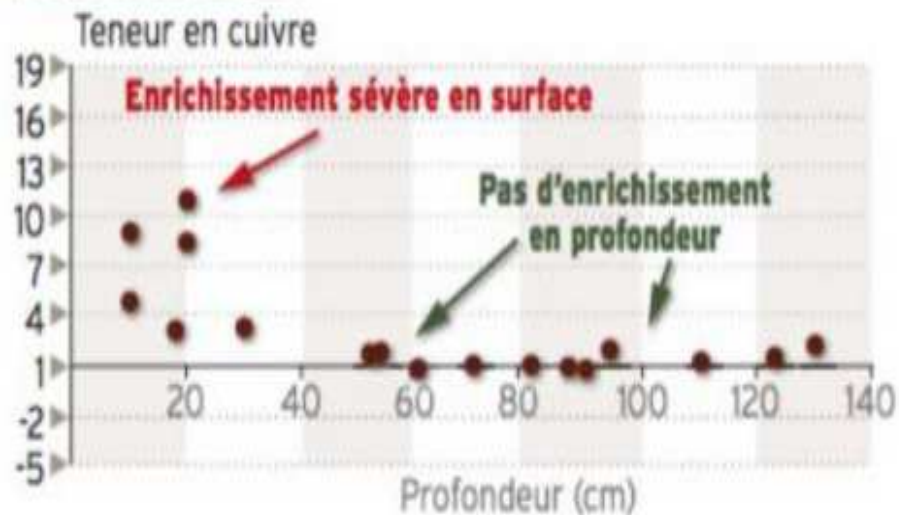


Courde et al, 1998

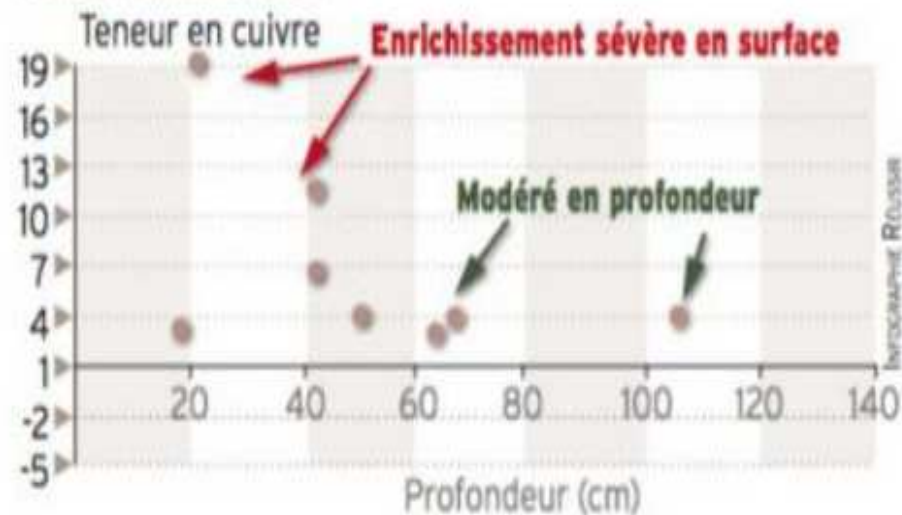
Le cuivre se concentre essentiellement en surface.

Ce phénomène est donc accentué dans les sols moins drainants.

Sols silteux



Sols sableux



Conséquences des excès de cuivre dans les sols et les végétaux

Introduction : le cuivre est indispensable à la vigne !

- 1 – Effets sur le végétal*
- 2 – Effets sur le sol*
- 3 – Moyens de contrôle et d'action*



ANALYSE

PARAMETRES favorisant la toxicité cuprique

de SOL

remarque : le cuivre s'accumulant en surface (10 cm), une profondeur de prélèvement 0-10 (au lieu de 0 - 25) est parfois pertinente

acide pH < 5,8

sableux

à forte pierrosité

faible CEC CEC < 10 meq/kg

faible teneur en matières organiques

faible activité biologique

excès de cuivre en sol sableux > 25 mg/kg de Cu EDTA

 en sol argileux > 100 mg/kg de Cu EDTA

déficit en Fer

 de VEGETAL
(analyse de
limbes plus
pertinente)

risques de toxicité quand Cu > 500 ppm MS

par contre, l'analyse foliaire n'est pas suffisante pour certifier une toxicité cuprique, celle-ci pouvant être uniquement racinaire

PARAMETRES favorisant la toxicité cuprique

ACTION (*)

remarque : le cuivre s'accumule en surface (10 cm), une profondeur de prélèvement 0-10 (au lieu de 0 - 25) est parfois pertinente

=> captation par couvert végétal non enfoui (avoine)
=> dilution physique

acide pH < 5,8

=> amendements basiques

faible CEC CEC < 10 meq/kg
faible teneur en matières organiques

=> apport de matières organiques à C/N > 9, entretien
=> apport de matières organiques à C/N > 9, entretien

faible activité biologique

= > toute action favorable (physique, apports, enherbement...)

déficit en Fer

=> apport foliaire spécifique

(*) la limitation des quantités de cuivre métal apportées à l'hectare reste prioritaire ; des apports à moins de 6 kg/ha/an de cuivre métal n'altèreraient pas la biocénose



MERCI DE VOTRE ATTENTION