



**HAL**  
open science

## Contamination cuprique des sols viticoles en agriculture biologique ou conventionnelle

Laurence Denaix, Frédéric Ouédraogo, Manon Pierdet, Jean-Yves Cornu,  
Sylvie Bussiere, Cécile Coriou

► **To cite this version:**

Laurence Denaix, Frédéric Ouédraogo, Manon Pierdet, Jean-Yves Cornu, Sylvie Bussiere, et al.. Contamination cuprique des sols viticoles en agriculture biologique ou conventionnelle. Colloque de la Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée, Jun 2019, Lyon, France. hal-02736224

**HAL Id: hal-02736224**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02736224>**

Submitted on 2 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# CONTAMINATION CUPRIQUE DES SOLS VITICOLES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE OU CONVENTIONNELLE

F. Ouedraogo<sup>\*1</sup>, M. Pierdet<sup>1,2</sup>, J-Y. Cornu<sup>1</sup>, K. Rocco<sup>1</sup>, S. Bussière<sup>1</sup>, C. Coriou<sup>1</sup>, H. Budzinski<sup>2</sup>, E. Parlanti<sup>2</sup>, L. Denaix<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA UMR 1391 ISPA, 71 avenue Edouard Bourlaux, 33140 Villenave-d'Ornon <sup>2</sup> EPOC UMR 5850 LPTC, 351 cours de la Libération, 33400 Talence

Contact e-mail : laurence.denaix@inra.fr

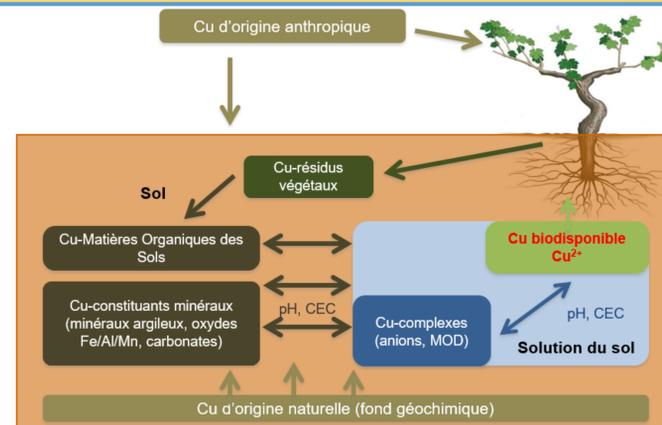
Colloque de la Société Française d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée SEFA - Lyon, le 24 et 25 juin 2019

## CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE

Depuis la découverte de la bouillie bordelaise en 1882, l'utilisation prolongée du cuivre en tant que fongicide a entraîné son accumulation dans les sols viticoles. Le cuivre étant le seul fongicide utilisable en agriculture biologique, son usage reste important. Néanmoins, le passage du cuivre en solution sous forme libre peut entraîner de potentiels problèmes de phytotoxicité. Ces mécanismes restent à ce jour mal connus.

Ainsi, nous nous proposons de décrire et de mieux comprendre les mécanismes qui régissent la disponibilité du cuivre au travers de trois indicateurs :

- La concentration en cuivre total en solution de sol, extraite par bougies microporeuses,
- La concentration en cuivre libre  $Cu^{2+}$  dans un extrait  $CaCl_2$ ,
- La mesure par capteur passif DGT, donnant une indication sur la capacité du sol à réalimenter la solution du sol.



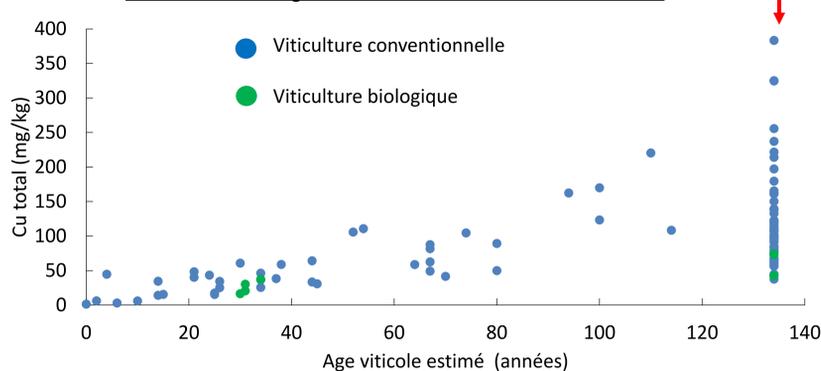
## MATÉRIELS & MÉTHODES

Le prélèvement des échantillons de sol s'est fait sur la couche de surface (0-15 cm) dans une centaine de parcelles viticoles de la région bordelaise, de pédologie et de propriétés physicochimiques contrastées. L'âge viticole approximatif de chaque parcelle a été déterminé par l'utilisation d'un jeu de photographies aériennes anciennes (<http://remonterletemps.ign.fr/>) de 1924 à aujourd'hui.

Après séchage et tamisage des sols, le pH eau, les teneurs en carbone organique, azote, la CEC ont été déterminées. La teneur en cuivre total dans le sol a été mesurée par GF-AAS après extraction à l'eau régale. La concentration de cuivre total en solution a été mesurée après extraction de la solution de sol par bougies microporeuses (Rhizon® MOM) sur les sols tamisés et réhumectés à 100% de la capacité au champ. Des dispositifs DGT ont été déposés pendant 24h à 20°C sur ces mêmes sols réhumectés et la quantité de cuivre accumulée dans les résines Chelex a été dosée après élution avec  $HNO_3$  1M. Le cuivre libre en solution a été dosé par électrode sélective de cuivre (ISE) sur un extrait de sol par une solution de  $CaCl_2$  5mM, dans un rapport de 2,5 g de sol pour 10 mL de solution.

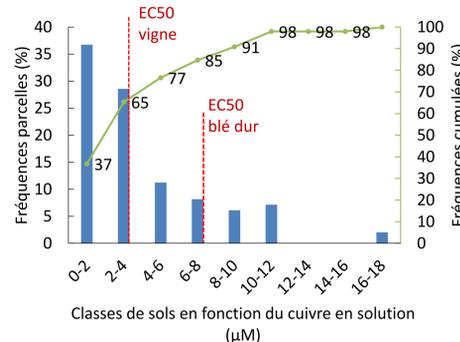
## RÉSULTATS & DISCUSSION

Relation entre âge viticole et teneur de cuivre totale



Plus la parcelle viticole est ancienne, plus forte est la teneur de cuivre total accumulée sur le sol. Les sols en viticulture depuis 1924 ont été considérés comme en viticulture depuis le début de l'utilisation de la bouillie bordelaise et leur âge est borné à 135 ans.

| n=51                  | n   | Min.    | Médiane | Max.   | Max/Min |
|-----------------------|-----|---------|---------|--------|---------|
| Stock Cu (kg/ha)      | 104 | 4,4     | 225,8   | 1188,4 | 267     |
| Cu total (mg/kg)      | 104 | 1,4     | 79,4    | 383,3  | 267     |
| Cu DGT (µg/L)         | 100 | 1,8     | 38,6    | 315    | 174     |
| Cu solution (µM)      | 99  | 0,1     | 2,8     | 17,6   | 153     |
| Cu <sup>2+</sup> (µM) | 51  | 0,00006 | 0,086   | 2      | 35637   |



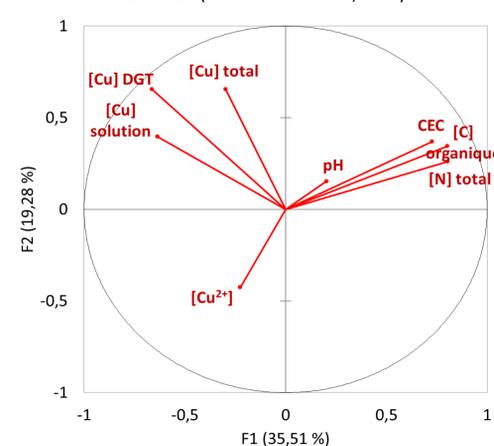
Distribution des concentrations en cuivre total et disponible

Les teneurs de cuivre total dans le sol sont variables entre les parcelles d'un même domaine, et entre les sols de différents domaines. La variation entre les parcelles est plus forte pour le Cu mesuré par DGT que pour le cuivre en solution (bougie poreuse). Cette variation est encore plus exacerbée pour la fraction libre  $Cu^{2+}$ , qui ne représente qu'une infime partie du cuivre en solution.

| Organisme | EC50   | Critère              | Auteur                  |
|-----------|--------|----------------------|-------------------------|
| Maïs      | 7,5 µM | Biomasse racinaire   | Ouzounidou et al., 1995 |
| Blé dur   | 7,7 µM | Biomasse racinaire   | Michaud et al., 2008    |
| Vigne     | 3,9 µM | Croissance racinaire | Juang et al., 2012      |

L'ACP révèle que les indicateurs de disponibilité,  $[Cu^{2+}]$ ,  $[Cu]_{solution}$  et  $[Cu]_{DGT}$ , sont inversement corrélés au taux de matière organique, à la CEC et au pH. La forme disponible, capable d'interagir avec les organismes est estimée être le cuivre libre  $Cu^{2+}$ .

Variables (axes F1 et F2 : 54,79 %)

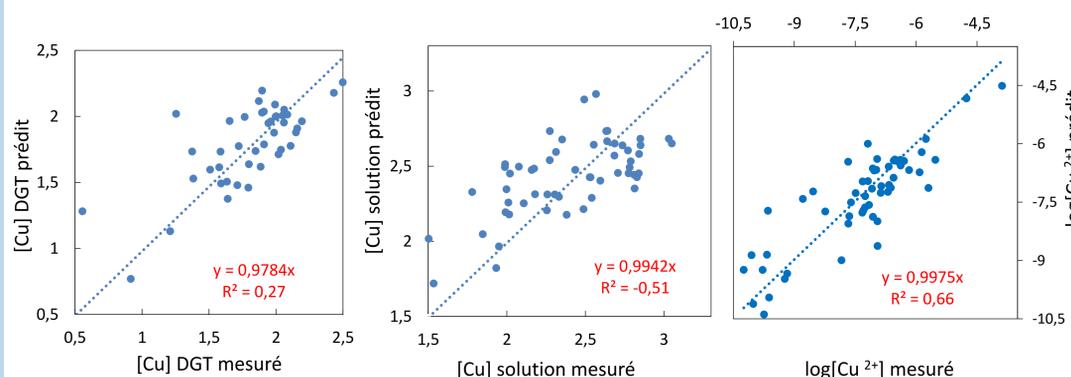


Nous avons cherché à prédire le cuivre disponible en utilisant des paramètres du sol, facilement mesurables. Nous obtenons les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \log([Cu]_{solution}) &= 3,49 - 0,460 \times \log([C]_{organique}) + 0,56 \times \log([Cu]_{sol}) - 0,25 \times pH & (p < 0,0001) \\ \log([Cu]_{DGT}) &= 0,22 - 0,17 \times \log([C]_{organique}) + 0,96 \times \log([Cu]_{sol}) & (p < 0,0001) \\ \log([Cu^{2+}]) &= 3,07 - 2,64 \times \log([C]_{organique}) + 0,93 \times \log([Cu]_{sol}) - 1,45 \times pH & (p < 0,0001) \end{aligned}$$

Les valeurs prédites par les modèles sont comparées aux valeurs mesurées dans les graphes suivants. Les meilleures prédictions sont obtenues pour le cuivre libre en solution  $Cu^{2+}$ .

Valeurs prédites des indicateurs de disponibilité du cuivre, en fonction des valeurs mesurées. La ligne pointillée bleue correspond au modèle linéaire entre valeurs prédites et valeurs mesurées.



## CONCLUSION & PERSPECTIVES

Grâce aux dispositifs DGT, bougies poreuses et électrode ISE, nous avons pu évaluer de différentes manières la disponibilité du cuivre dans des sols viticoles. Le cuivre disponible représente une infime fraction du cuivre total dans le sol. La teneur de cuivre totale est clairement tributaire de l'âge viticole de la parcelle. Dans le lot de parcelles étudiées, plus du tiers des sols présentaient une concentration de cuivre en solution supérieure à l'EC50 pour la croissance racinaire de la vigne. La concentration disponible, à relier à la phytotoxicité, dépend de certaines variables géochimiques telles que le pH, le cuivre total et la matière organique.

Références bibliographiques : Michaud AM, Chappellaz C, Hinsinger P (2008) Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.). *Plant Soil* 310: 151-165. Ouzounidou G, Ciamporova M, Moustakas M, Karataglis S. (1995) Responses of Maize (*Zea-Mays* L) Plants to Copper Stress. *Environmental and Experimental Botany* ; 35: 167-176. Juang K-W, Lee Y-I, Lai H-Y, Chiung-H W, & Bo-C C (2012) Copper accumulation, translocation, and toxic effects in grapevine cuttings. *Environ Sci Pollut Res* 19:1315-1322

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet PhytoCOTE avec le soutien financier de l'ANR dans le cadre du programme investissement d'avenir au sein du Laboratoire d'Excellence COTE (ANR-10-labx-45), de la Région Nouvelle-Aquitaine et de l'Union européenne (projet CPER A2E). L'Europe s'engage en Nouvelle-Aquitaine avec le fonds européen de développement régional (FEDER).