

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 39 (1903)
Heft: 148

Artikel: Action des sels de cuivre sur les végétaux
Autor: Porchet, Ferdinand
Kapitel: I: Influence des traitements cupriques sur la composition chimique des fruits
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-267032>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

I

Influence des traitements cupriques sur la composition chimique des fruits.

Historique.

L'influence des traitements cupriques sur la composition chimique des fruits a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux dont je vais très brièvement résumer les conclusions.

Galloway¹, dans les recherches qu'il a entreprises à Neosho (Missouri), a traité des ceps sept fois à la bouillie cuprique et a obtenu des raisins de douceur et de dimensions telles que « des marchands les prirent pour des raisins de Californie. »

Des expériences répétées en Californie confirmèrent ces premiers résultats, les traitements à la bouillie bordelaise doublèrent la quantité de la récolte.

La même année Schachinger², poursuivant des essais analogues en Autriche, constata que les traitements cupriques hâtaient la maturation. Alors que les ceps traités possédaient des raisins parfaitement mûrs, les lots non sulfatés avaient le 10 % de leurs fruits aux premiers stades seulement de la maturation. L'auteur exprime la relation existant entre la quantité de récolte fournie par les vignes sulfatées et celle des parcelles non traitées, par les chiffres 8 : 1.

C. Rumm³, parcourant le vignoble wurtembergeois, constate que les vignes sulfatées présentent des raisins

¹ Galloway, *Zeit. für Pflanzenkrankh.*, Bd. I (Ref.). 38.

² Schachinger, *Oest. Land. Wochenblatt*, 1893. 103.

³ C. Rumm, *B. d. d. bot. Gesellschaft*, Bd. XI, page 79. 100.

plus mûrs que ceux des ceps non traités ; il estime que, par les composés cupriques, la maturation a été hâtée de quinze jours ; en outre, la quantité de récolte est supérieure dans les vignes sulfatées. Ces observations se rapportent à des parchets non envahis par le *Peronospora* et où les plantes non sulfatées étaient parfaitement saines. Les recherches que Rumm entreprit confirmèrent pleinement ces premières constatations.

De l'ensemble de ces faits, l'auteur conclut, le premier à ma connaissance, que la bouillie bordelaise exerce une action sur l'ensemble du végétal, action absolument indépendante des propriétés fungicides des sels de cuivre.

Il semble que, depuis ce moment, l'invasion du mildiou s'étant généralisée, on n'ait plus été à même de poursuivre ces constatations. La littérature traitant cette question indique bien, il est vrai, les résultats de nombreuses analyses de raisins ou moûts provenant de vignes sulfatées et de vignes non sulfatées¹, mais il s'agit toujours pour ces dernières de parchets plus ou moins mildiousés. Dans ces conditions, les différences constatées dans les résultats analytiques ne peuvent mettre en lumière que l'action anticryptogamique des sels de cuivre et non leur influence sur les phénomènes physiologiques de la végétation.

Dans cet ordre d'idées, on ne peut guère citer, pour la vigne du moins, que l'appréciation toute générale que M. le Dr Victor Peglion² émet dans les termes suivants : « On sait que, dans les régions méridionales, on constate, dans les bonnes années, un degré alcoolique du vin supérieur à celui qu'on obtenait avant l'application des remèdes antipéronosporiques. »

Les documents sont, par contre, plus abondants en ce qui concerne l'action des sels de cuivre sur la pomme de

¹ J. Dufour et E. Chuard, Bull. S. V. S. N. 1889. 30.

² Dr V. Peglion, *I trattamenti antiperonosporici e la qualità dei vini*. 89.

terre. On sait que, dès que furent constatés les premiers succès obtenus dans la lutte contre le *Peronospora* de la vigne, on songea à généraliser l'emploi des sels cupriques comme fongicide et on essaya entre autres de combattre par leur moyen le *Phytophthora infestans* de la pomme de terre. Des faits analogues à ceux relatés plus haut pour la vigne ne tardèrent pas à être constatés; la pomme de terre, comme le végétal précédent, réagit aux sels de cuivre. Après le sulfatage les feuilles deviennent plus vertes et la plante tout entière paraît plus vigoureuse. Les tubercules participent-ils aussi à cette action bienfaisante et peut-on constater une récolte plus abondante ou de qualité supérieure chez les plantes sulfatées? Des réponses contradictoires ont été données à cette question.

Girard¹ admet une action favorable des sels de cuivre sur la pomme de terre, tandis que Sorauer² constate que des plantes sulfatées donnent moins de tubercules que celles qui n'ont subi aucun traitement alors même que ces dernières ont eu à souffrir des attaques du *Phytophthora*. Liebscher³, ayant mis en expérience quatorze variétés de pommes de terre, arrive également à des résultats qui sont défavorables aux sels de cuivre. Peut-être que dans les expériences faites par ces deux auteurs la quantité de sel de cuivre employée a-t-elle été trop forte. Pour Steglich⁴, les composés cupriques ne peuvent exercer qu'une action nuisible sur la pomme de terre. Hollrung⁵, par contre, n'obtient aucun résultat précis.

Les essais faits dans notre canton ont permis de cons-

¹ A. Girard, *Annales agronomiques*, XVI, 41.

² Sorauer, *Zeit. für Pfl. Krank.*, III, 110.

³ Liebscher, *Journal für die Landw.* 1892. 63.

⁴ Steglich, *Nachrichten aus dem Klub der Landw.* Berlin 1893. 111.

⁵ Berlin 1898. 52.

tater par contre une action nettement favorable du sulfate de cuivre¹.

J'arrive au travail de Frank et Krüger² qui présente un intérêt tout particulier par le fait que ces auteurs se sont proposé de mettre en lumière uniquement l'action physiologique des sels de cuivre ; ils y ont pleinement réussi, grâce à la sécheresse exceptionnelle de l'été 1893 pendant lequel les essais de cultures furent entrepris, sécheresse qui empêcha complètement le développement du *Phytophthora*.

Les différences constatées dans l'allure de la végétation des plantes soumises à des traitements variés peuvent donc être attribuées, en toute certitude, à une action physiologique des substances employées pour ceux-ci.

Les résultats obtenus par Frank et Krüger peuvent se résumer par les chiffres suivants qui expriment le poids de la récolte, en tubercules, rapporté à une plante (moyenne obtenue en arrachant de 20 à 80 pieds dans les champs d'essais) :

Var : *Rose printanière*. Non traité 0,175 kg., traité à la chaux seule 0,178, légèrement sulfaté à la bouillie bordelaise 0,180, fortement sulfaté avec le même produit 0,189. La proportion d'amidon a été, en suivant l'ordre semblable, de 14,5 % ; 14,72 % ; 14,7 % ; 14,3 %.

Var : *Prince de Lippe*. Les récoltes des plantes, ayant subi des traitements identiques à ceux que je viens d'énumérer, s'expriment par les chiffres suivants, placés dans le même ordre que précédemment : Récolte 0,168 ; 0,217 ; 0,169 ; 0,175. Richesse en amidon 19,2 % ; 19,6 % ; 19 % ; 19,7 %.

J'ai relevé ces chiffres parce qu'ils montrent très nettement, et c'est là du reste la conclusion à laquelle arrivent

¹ *Chronique agricole du canton de Vaud*.

² Frank et Krüger, *Arb. d. d. landw. Gesells.* 1894. 33.

Frank et Krüger, que les substances employées dans la lutte contre le *Phytophthora* exercent une action plus ou moins intense sur la plante. Dans les cas cités, cette influence lui est favorable ; cependant, il n'en est pas toujours de même, car, dans certaines conditions, elle peut devenir nuisible au végétal. Frank et Krüger placent au premier rang des facteurs qui entrent en jeu : la variété expérimentée, la nature du sol et les conditions météorologiques pendant la période végétative.

Strebel¹ constate également une influence favorable exercée par les composés cupriques sur la quantité et la qualité de la récolte. Il trouve bien une diminution dans la richesse en amidon des tubercules des plantes traitées, mais la quantité de ces derniers est augmentée d'une façon si considérable que le poids total d'amidon, récolté par hectare, dans les parcelles sulfatées, est supérieur à celui fourni par les champs non traités.

Il me semble superflu de faire de plus nombreuses citations de l'abondante littérature traitant cette question. Ce qui précède suffit à démontrer que, pour la pomme de terre tout au moins, l'action physiologique des sels de cuivre dépend de plusieurs facteurs dont le rôle et l'importance ne sont pas encore déterminés.

Partie expérimentale.

Dans le résumé bibliographique qui précède, j'ai sommairement indiqué les constatations toutes générales faites sur la composition chimique des fruits et tubercules de plantes, sulfatées ou non. Comme il n'existait pas, du moins à notre connaissance, d'analyses un peu complètes de ces fruits, nous avons cherché à obtenir ces renseignements, présentant un intérêt tout spécial en ce qui con-

¹ Strebel, *Zeit. für Pflanz. Krank.* III. 113.

cerne la question de l'influence des traitements cupriques sur la qualité du vin. Mais une grosse difficulté surgissait : le fait que les ceps non traités, attaquables par le mildiou, n'étaient plus dans des conditions comparables à celles des ceps sulfatés. Aussi, dès le début, a-t-il fallu renoncer à prendre la vigne comme matériel d'expérience et la remplacer par des végétaux réfractaires, ou tout au moins très résistants, aux attaques de cryptogames parasites. C'est pour cette raison seule que les premiers essais, en collaboration avec M. Chuard, ont porté surtout sur le groseiller à gros fruits (groseille à maquereau) *Ribes grossularia* et sur la groseille à grappes (« raisin de mars » de la Suisse romande²) (*Ribes rubrum*).

Dans toutes les recherches, dont les résultats sont consignés ci-après, la méthode d'analyse a été la suivante :

Un échantillon moyen de 200 gr. à 300 gr. étant prélevé dans le lot sulfaté et dans celui servant de témoin, on pesait exactement 100 gr. de fruits, ceux-ci étaient comptés puis débarrassés, aussi complètement que possible, des taches de bouillie bordelaise qu'ils pouvaient porter. Ce nettoyage se faisait à sec ; dans les cas où il ne suffisait pas, on le complétait par un rapide lavage à l'acide, mais alors, le témoin subissait un traitement analogue. Les fruits étaient ensuite écrasés, pulpés et placés dans un ballon jaugé, de 500 cm.³ que l'on remplissait, après cette opération, avec de l'eau distillée. Après avoir été pendant une heure au bain-marie, le tout était filtré et le filtrat utilisé pour l'analyse.

Les déterminations ont été faites de la façon suivante :

Acidité totale : par neutralisation du filtrat au moyen de $\text{NaOH} \frac{N}{10}$. Indicateur le tournesol. Les résultats sont

² J'ai fait cependant, avec la vigne, un certain nombre de recherches sur lesquelles je reviendrai plus loin.

exprimés en centimètres cubes d'alcali normal, nécessaires pour neutraliser l'acidité de 100 gr. de fruits.

Sucre réducteur : par dosage au moyen de la liqueur de Fehling. Exprimé en glucose par 100 gr. de fruits.

Sucre total : par la méthode de Fehling après inversion par ébullition avec H_2SO_4 ; exprimé en glucose par 100 gr. de fruits.

Absorption de l'iode par la méthode indiquée par MM. Brunner et Chuard¹. Les résultats sont exprimés en gr. I pour 100 gr. de fruits.

Extrait sec et matières minérales : par la méthode conventionnelle utilisée en Suisse pour l'analyse des vins. Les résultats sont exprimés en grammes pour 100 gr. de fruits.

Alcalinité des cendres : par la méthode volumétrique habituelle.

Acidité volatile : par distillation des acides volatils dans un courant de vapeur d'eau; les résultats sont exprimés en centimètres cubes d'alcali normal pour 100 gr. de fruits.

Dans tous les tableaux qui suivent

T = lot témoin

S = lot sulfaté

A. Groseillers à gros fruits (*Ribes grossularia*).

I. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1899.

Une haie de groseillers à épines, d'une seule variété, a été divisée en deux parties : l'une a reçu un premier sulfatage à la bouillie bordelaise après l'apparition des feuilles et un second traitement identique trois semaines plus tard. Six échantillons ont été prélevés à partir du moment où les fruits avaient la grosseur d'un gros pois jusqu'à l'époque de leur maturité.

¹ Brunner et Chuard, *Bull. Soc. vaud. Sc. Nat.* 1886, 1887, 1893. 14.

Les résultats de ces analyses sont les suivants :

		9 mai	22 mai	6 juin	20 juin	3 juillet	20 juillet
Acidité totale	T	14.25	22.5	21.25	35.25	30.50	28.5
	S	14.20	19.0	22.70	34.50	30.00	28.5
Sucre réducteur	T	2.60	2.29	2.05	2.55	4.98	6.17
	S	2.77	2.28	2.07	2.65	5.56	6.90
Sucre total	T	2.62	2.31	2.17	2.78	5.29	—
	S	2.80	2.30	2.17	2.91	5.80	—
Absorption de l'iode	T	0.200	0.187	0.118	0.100	0.070	0.05
	S	0.212	0.175	0.137	0.087	0.061	0.05
Extrait sec	T	4.996	5.535	5.256	5.667	8.686	—
	S	5.084	5.115	5.612	5.779	8.636	—
Matières minérales	T	0.489	0.414	0.590	0.598	0.602	—
	S	0.464	0.388	0.585	0.592	0.598	—
Acidité volatile	T	—	—	0.312	0.500	1.00	1.00
	S	—	—	0.312	0.375	1.00	1.00
Nombre de fruits pour 100 gr.	T	124	50	33	27	20	—
	S	129	50	38	30	19	—

En récapitulant, pour les éléments les plus caractéristiques (acidité totale, sucre total, nombre de fruits), les différences qui existent dans la composition chimique des fruits des deux séries, on obtient pour les différences : Lot sulfaté — lot témoin : S-T =

	9 mai	22 mai	6 juin	20 juin	3 juillet	20 juillet
Acidité totale . . .	-0.05	-3.5	+0.45	-0.75	-0.5	± 0
Sucre total. . . .	+0.18	-0.01	± 0	+0.13	+0.51	+0.73*
Nombre de fruits. .	+5	± 0	+5	+3	-1	—

* Sucre réducteur.

Ces chiffres indiquent donc une *diminution de l'acidité* dans les fruits sulfatés, correspondant à une *augmentation de sucre*, surtout au moment de la période de maturation. L'irrégularité qu'on remarque dans les résultats montre que, malgré les précautions prises, les erreurs provenant de l'échantillonnage doivent probablement être assez importantes dans cette série.

II. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1900¹.

Celles-ci ont porté en premier lieu sur les arbustes mis en expérience l'année précédente, ainsi que sur de nouvelles haies de groseillers.

a) Groseillers à gros fruits sur lesquels avaient porté les essais de 1899. La haie a été divisée comme l'année précédente et une partie a reçu deux traitements à la bouillie bordelaise.

L'analyse des échantillons qui ont été prélevés régulièrement chaque semaine a donné les résultats ci-contre :

Ces résultats sont identiques à ceux de la série parallèle de 1899. D'une façon générale, une *acidité plus faible dans le lot sulfaté*, avec quelques irrégularités cependant. La teneur en sucre est peu caractéristique, sauf en juillet où l'on constate une *augmentation en faveur des fruits traités*. Quant au nombre de fruits, ils fournissent une série intéressante sur laquelle je reviendrai tout à l'heure.

Pour multiplier les constatations, des essais pareils au premier ont été faits sur deux nouvelles séries de groseillers à gros fruits, d'autres variétés, placées dans des con-

¹ Pendant une absence de plusieurs mois, j'ai été remplacé au laboratoire de l'Institut agricole par M. Veillard, assistant de chimie à l'Université. C'est lui qui a effectué la plus grande partie des analyses faites en 1900. Je remercie vivement M. Veillard de sa collaboration dévouée.

Ce qui donne pour la différence $S - T =$

	47 mai	25 mai	4 ^{er} juin	8 juin	15 juin	25 juin	2 juillet	9 juillet	16 juillet	23 juillet
Acidité totale	T	13.50	24.50	31.50	33.00	31.00	30.75	30.00	26.00	25.5
	S	13.75	23.—	28.50	33.00	33.50	30.50	29.00	25.50	25.0
Sucre réducteur	T	3.14	3.04	3.208	3.164	3.90	4.32	5.11	5.97	8.05
	S	3.16	3.06	3.14	3.172	3.81	4.40	5.21	6.14	8.23
Sucre total	T	3.20	3.18	3.37	3.49	4.28	4.89	5.62	6.72	9.31
	S	3.12	3.20	3.40	3.48	4.23	4.93	5.79	6.84	9.46
Absorption de l'iode	T	0.107	0.143	0.118	0.093	0.081	0.075	0.056	0.050	0.043
	S	0.112	0.125	0.100	0.087	0.075	0.075	0.050	0.040	0.037
Extrait sec	T	5.054	5.390	6.628	6.281	7.32	7.60	8.58	9.11	10.15
	S	5.044	5.038	6.304	6.144	6.76	7.33	8.43	9.18	10.23
Matières minérales	T	0.474	0.408	0.426	0.473	0.506	0.514	0.456	0.489	0.501
	S	0.468	0.472	0.432	0.438	0.493	0.498	0.480	0.496	0.509
Acidité volatile	T	0.337	0.375	0.300	0.312	0.337	0.362	0.500	0.812	1.00
	S	0.325	0.362	0.275	0.312	0.318	0.375	0.437	0.875	1.00
Alcalinité des cendres	T	2.4	2.3	2.9	3.4	3.6	4.0	4.1	3.3	3.5
	S	2.3	2.4	2.7	3.3	3.5	4.2	4.3	3.5	3.6
Nombre de fruits	T	152	68	51	—	29	29	27	21	20
	S	151	60	47	—	27	27	26	20	19
Ce qui donne pour la différence S — T =										
Acidité totale . . .										
		+ 0.25	- 1.50	- 3.0	0	+ 2.50	- 0.25	- 1.00	- 0.5	- 0.5
		- 0.08	+ 0.02	- 0.06	0	- 0.09	+ 0.08	+ 0.10	+ 0.17	+ 0.18
		- 0.08	+ 0.02	+ 0.03	+ 0.01	- 0.05	+ 0.04	+ 0.17	+ 0.12	+ 0.15
Sucre total . . .		- 1	- 8	- 3	—	- 2	- 2	- 1	- 1	- 1
Nombre de fruits . . .										

ditions de sol, d'altitude et d'exposition très différentes. Voici les résultats d'analyse des fruits :

b) Groseillers à gros fruits situés au Champ-de-l'Air ayant reçu deux traitements à la bouillie bordelaise. Prise de l'échantillon, 23 juillet.

	T	S	Différences S — T
Acidité totale	26.00	23.00	— 3.0
Sucre réducteur	7.52	7.67	+ 0.15
Sucre total	8.60	8.87	+ 0.27
Extrait sec	9.22	9.48	+ 0.26
Matières minérales	0.428	0.453	+ 0.025
Nombre de fruits	24	30	+ 6

c) Groseillers à gros fruits situés à Renens. Deux traitements à la bouillie bordelaise. Prélèvement de l'échantillon le 25 juillet.

	T	S	Différences S — T
Acidité totale	28.50	28.00	— 0.5
Sucre réducteur	8.11	8.73	+ 0.62
Sucre total	8.87	9.96	+ 1.09
Extrait sec	11.56	12.75	+ 1.19
Matières minérales	0.412	0.422	+ 0.01
Nombre de fruits	18	17	— 1

III. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1901.

Les expériences faites sur groseillers ont été peu nombreuses en 1901, les séries précédentes m'ayant paru suffisamment concluantes, et remplacées par des recherches sur la vigne. Les essais n'ont porté que sur une série, et ont donné des résultats identiques à ceux obtenus antérieurement.

Groseillers à gros fruits à Renens. Deux sulfatages à la bouillie bordelaise. Prise d'échantillon le 24 juillet :

	T	S	Différences S — T
Acidité totale	24.0	22.0	— 2.0
Sucre total	8.47	9.16	+ 0.69
Sucre réducteur	7.17	7.82	+ 0.65
Extrait sec	9.01	11.21	+ 2.20
Absorption de l'iode	0.075	0.100	+ 0.025
Nombre de fruits	22	22	0

B. Groseillers à grappes (*Ribes rubrum*).

I. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1899.

Une haie composée d'une seule variété d'arbustes a été divisée en deux lots, dont l'un a reçu deux traitements à la bouillie bordelaise, le premier après la sortie des feuilles, le second un mois plus tard. Le deuxième lot servait de témoin.

L'analyse des fruits a donné les résultats suivants :

		17 mai	30 mai	14 juin	3 juillet
Acidité totale	T	10.5	22.25	38.5	38.5
	S	13.5	20.12	34.5	35.5
Sucre réducteur	T	2.44	2.57	3.24	5.68
	S	2.32	2.56	3.50	6.55
Sucre total	T	2.45	2.62	3.55	5.78
	S	2.35	2.65	3.83	6.92
Absorption de l'iode	T	0.375	0.275	0.275	0.072
	S	0.375	0.275	0.250	0.070
Extrait sec	T	5.296	5.118	6.959	8.973
	S	5.128	5.732	7.489	9.904
Matières minérales	T	0.382	0.488	0.483	0.490
	S	0.385	0.480	0.513	0.502
Acidité volatile	T	0.180	0.125	0.125	0.250
	S	0.175	0.125	0.125	0.250

Ces chiffres ont déjà été publiés¹, je les reproduis néanmoins, saisissant ainsi l'occasion qui m'est offerte de rectifier une transposition de lignes qui s'est produite dans la publication citée, mettant de la sorte nos conclusions en contradiction avec les chiffres desquels elles avaient été tirées.

Les résultats sont beaucoup plus réguliers que ceux obtenus, la même année, avec les groseillers à gros fruits, ce qui s'explique facilement par le fait que dans cette seconde série de recherches, les fruits étaient beaucoup plus petits; on a sur 100 gr. un véritable échantillon moyen, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour les grosses groseilles où vingt fruits suffisent à faire 100 gr.

En récapitulant les différentes S-T, on a :

	17 mai	30 mai	14 juin	3 juillet
Acidité totale	+ 3.0	— 2.13	— 4.0	— 3.0
Sucre réducteur	— 0.12	— 0.01	+ 0.26	+ 0.87
Sucre total	— 0.10	+ 0.03	+ 0.28	+ 1.14

On voit nettement dans ce tableau une diminution de l'acidité dans les fruits sulfatés et une augmentation graduelle de l'écart entre la contenance en sucre des fruits traités et non traités.

II. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1900.

Là encore, comme pour les grosses groseilles, j'ai multiplié les constatations en mettant en expérience deux nouvelles haies.

a) Groseillers à grappes situés à Mont-Calme. Deux traitements à la bouillie bordelaise; prélèvement de l'échantillon le 23 juillet.

¹ E. Chuard et F. Porchet, *Bull. Soc. vaud. Sc. Nat.* **19**.

	T	S	S - T =
Acidité totale	35.50	33.50	- 2.0
Sucre réducteur.	6.84	7.28	+ 0.44
Sucre total	6.92	7.47	+ 0.55
Extrait sec	8.03	11.94	+ 3.91
Matières minérales	0.510	0.560	+ 0.050
Nombre de fruits	150	144	- 6

b) Groseillers à grappes situés à Renens. Deux traitements à la bouillie bordelaise; l'échantillon a été prélevé le 25 juillet.

	T	S	S - T
Acidité totale	30.00	29.00	- 1.0
Sucre réducteur.	10.32	10.51	+ 0.20
Sucre total	10.81	10.92	+ 0.11
Extrait sec	11.13	12.94	+ 1.81
Matières minérales	0.541	0.553	+ 0.012
Nombre de fruits	288	282	- 6

III. RECHERCHES EFFECTUÉES EN 1901.

Groseillers à grappes. Une haie située à Prilly. Deux sulfatages à la bouillie bordelaise. Prise d'échantillon les

	40 juillet			26 juillet		
	T	S	S - T	T	S	S - T
Acidité totale . .	35.0	33.0	- 2.0	35.5	34.5	- 1.0
Sucre total . .	6.68	7.37	+ 0.69	7.67	8.85	+ 1.18
Sucre réducteur .	6.52	7.12	+ 0.60	7.21	8.32	+ 1.11
Extrait sec. . .	8.01	9.58	+ 1.57	9.47	11.88	+ 2.41
Nombre de fruits .	—	—	—	195	181	- 14

Il ressort quelques constatations intéressantes des chiffres obtenus pendant ces trois années sur ces deux espèces d'arbustes. En premier lieu, on remarque qu'au moment de la maturité il n'y a pas de différence bien sensible entre la grosseur des fruits sulfatés et celle des fruits témoins; ces derniers sont peut-être légèrement moins développés, mais l'écart est très faible. Il n'en est pas de même au début de la période de maturation. Si nous nous reportons à la série d'analyses faites sur les groseilles maquereau en 1900, nous constatons qu'après le second traitement, il se manifeste une croissance très vigoureuse dans les arbustes sulfatés; leurs fruits grossissent rapidement, et le 25 mai il y a une différence de 12 fruits entre les deux lots de 100 gr. Il est évident qu'au fur et à mesure que les groseilles se développent, il faudra de moins en moins de fruits pour former un échantillon de 100 gr.; les différences doivent par conséquent aller également en décroissant. Il devenait intéressant de rechercher si, réellement, l'écart dans le développement va en s'atténuant en proportion de la maturation, ou bien si, au contraire, il reste le même pendant toute la période végétative.

J'ai donc, dans ce but, calculé le poids moyen d'un fruit de chaque lot et pour chacun des échantillons prélevés. En multipliant la différence des poids moyens des lots sulfatés et témoins — différence qui est toujours en faveur du premier de ceux-ci — par le nombre de fruits sulfatés, nécessaires pour faire 100 gr., on obtient, exprimée en grammes, la différence qui existe entre le poids des fruits sulfatés qui forment un échantillon, c'est-à-dire 100 gr., et le poids d'un *nombre égal* de fruits témoins.

Les chiffres de la dernière colonne du tableau suivant indiquent clairement que la différence de développement entre les fruits provenant d'arbustes traités aux sels de cuivre et ceux cueillis sur les sujets témoins va en s'atténuant au fur et à mesure que la croissance se poursuit, sans cependant disparaître complètement.

Dates	Poids moyen		Différences des poids moyens	A. pm^s — A. pm^t
	T	S		
17 mai	0.657	0.662	0.005	0.755
25 mai	1.052	1.204	0.152	12.616
1 ^{er} juin	1.470	1.666	0.196	11.760
8 juin	1.961	2.127	0.166	8.002
15 juin	—	—	—	—
25 juin	3.448	3.704	0.256	6.912
2 juillet	3.448	3.704	0.256	6.912
9 juillet	3.704	3.846	0.142	3.692
16 juillet	4.761	5.000	0.239	4.780
23 juillet	5.000	5.263	0.263	4.997

A = nombre de fruits sulfatés pesant 100 gr.

pm^s = poids moyen d'un fruit sulfaté.

pm^t = poids moyen d'un fruit témoin.

L'application des remèdes cupriques provoque donc chez le groseiller une accélération dans le développement des fruits, accélération qui semble s'opérer immédiatement après le sulfatage.

L'observation attentive des arbustes sulfatés conduit aussi à la même conclusion. Si on fait l'application des sels de cuivre très tôt, c'est-à-dire au moment où les premières feuilles s'épanouissent, on peut constater une floraison légèrement plus hâtive dans les arbustes traités. La différence est naturellement très faible, car chez les groseillers le temps qui s'écoule depuis la sortie des feuilles jusqu'à la floraison est très restreint. L'observation devient par contre très facile plus tard, au moment où la maturation s'achève. J'ai constaté régulièrement que les petites groseilles sulfatées mûrissaient plus tôt que celles qui n'avaient reçu aucun traitement. Le fait est rendu frappant grâce à l'apparition, dans ces fruits, d'un pigment rouge au moment de la véraison. En outre, on sait que les fruits des groseillers à grappes ne se détachent que très tard du

rameau qui les porte, alors même qu'ils sont tout à fait mûrs. Ils flétrissent d'abord, puis se dessèchent et ne tombent souvent qu'après les feuilles. Alors que les fruits des plantes témoins possédaient encore leur aspect normal, j'ai pu régulièrement remarquer que les fruits d'arbustes sulfatés commençaient à se flétrir, indiquant ainsi qu'ils avaient terminé plus tôt que les premiers le cycle complet de leur évolution. On peut donc constater, aux trois stades caractéristiques du développement des fruits — la floraison, l'apparition du pigment, la marcescence — que les phénomènes physiologiques dont ils sont le siège sont accélérés par l'application de sels cupriques sur les feuilles.

Ces faits étant connus, il est possible maintenant d'interpréter les chiffres donnés plus haut et d'en tirer ensuite une conclusion générale.

Il a été remarqué sans doute que dans les séries d'analyses, les différences de composition chimique entre les fruits sulfatés et les fruits témoins ne présentaient pas toujours la même netteté. Ceci s'explique maintenant facilement.

Prenons par exemple la série I de 1899, groseillers à gros fruits. Au commencement du mois de mai, les fruits de ces arbustes contiennent en moyenne 2,7 % de sucre total; cette proportion reste presque invariable, sauf une très légère diminution temporaire, jusqu'à la fin de juin où nous trouvons 2,8 %, tandis que, seulement quinze jours plus tard, la proportion de sucre a doublé et atteint 5,6 %.

Le même fait se reproduit en 1900. Pendant plus d'un mois, la quantité de sucre n'augmente pas, puis du 15 juin au 16 juillet, elle passe de 3,5 % à 6,7 %, tandis que le 23 juillet elle est de 9,4 %.

L'acidité totale, par contre, croît au fur et à mesure que la groseille se développe, atteint un maximum en juin et depuis diminue légèrement.

Comme on le voit, le fruit du groseiller à épines grossit en accumulant tout d'abord des principes acides et en augmentant très peu la proportion du sucre qu'il contient. Ce n'est guère qu'à la fin de la période de maturation, au moment où l'acidité diminue, que, inversement, la richesse en sucre s'accroît d'une façon très rapide.

Pour les groseilles à grappes, le phénomène est identique dans ses grandes lignes; cependant, l'élaboration intensive du sucre semble répartie sur une période plus longue, d'où il résulte que les modifications de la composition chimique sont moins brusques.

En résumé, les analyses prouvent que, pour les groseillers, l'acidité va en augmentant jusqu'à fin juin environ, pour diminuer ensuite; tandis que la proportion de sucre contenu dans les fruits ne s'accroît rapidement qu'à partir de cette période. Or, les traitements cupriques qui ont la propriété, ainsi que nous venons de le constater, d'activer les phénomènes physiologiques, doivent avancer légèrement les époques où ces maxima se produisent. Il en résulte que, sitôt après le sulfatage, le fruit traité se développant plus promptement que celui qui ne l'est pas sera tout d'abord plus acide que ce dernier, ou, en tous cas ne se montre pas moins acide; ce n'est qu'un peu plus tard qu'il présente ce dernier caractère. La différence entre l'acidité totale des fruits traités et celle des groseilles témoins, après avoir passé par un maximum — se manifestant naturellement au moment du maximum d'acidité — s'atténue peu à peu sans pour cela disparaître même à l'époque de la parfaite maturité.

Pour le sucre, dont la quantité n'augmente guère qu'à la fin de la période d'accroissement, ainsi que nous venons de le voir, les choses ne se passent naturellement pas de la même façon. Les différences entre fruits sulfatés et fruits témoins ne se font nettement sentir qu'au moment où les premiers, arrivant plus tôt que les seconds à l'épo-

que de l'élaboration active du sucre, présentent une abondance plus grande de celui-ci.

L'écart va en s'accroissant, naturellement, au fur et à mesure de la maturation; il sera maximum du moment où, pour les groseillers à grappes par exemple, les fruits témoins étant encore verts, les grappes sulfatées présentent déjà tous les caractères extérieurs de la maturité complète (pigmentation, translucidité).

Il est aisé maintenant de comprendre pourquoi, alors que l'application des sels de cuivre provoque immédiatement un développement plus rapide des fruits traités, on ne constate toutefois pas d'augmentation de sucre dans ceux-ci; pourquoi les différences de richesse saccharine entre lot sulfaté et lot témoin sont si peu régulières pendant la première partie de la période d'accroissement; pourquoi enfin, au moment de la maturité, l'augmentation de sucre oscille entre 0,1 % et 1,2 % suivant le degré de développement des fruits qui, apparemment, du moins semblent également mûrs.

Tout ceci s'explique par la raison que, les composés cupriques accélérant les phénomènes de croissance, lorsqu'on prélève un échantillon de fruits sulfatés et un échantillon aussi comparable que possible de fruits témoins, on se trouve de fait en présence de fruits inégalement développés. Les différences de composition chimique constatées sont donc dues, tout d'abord, à ce que les fruits analysés n'ont pas atteint le même degré de maturité.

Une question se pose d'emblée; indépendamment du fait exposé ci-dessus, les composés cupriques n'ont-ils aucune influence sur la composition chimique des fruits? En d'autres termes, est-ce que des fruits, provenant les uns de plantes sulfatées, les autres de plantes non traitées, mais parvenus à une maturité égale, auront la même composition chimique?

Pour répondre à cette question, il suffisait d'analyser des fruits semblablement mûrs, mais la difficulté consistait précisément à apprécier cet état de maturité. J'ai pensé tout d'abord à utiliser le pigment rouge, dont il a été parlé précédemment, comme indicateur, en cueillant tous les grains qui paraissaient de teinte identique, cela sur un lot sulfaté et sur un lot témoin.

L'irrégularité complète des résultats obtenus de cette façon m'a montré que ce procédé d'échantillonnage n'offrait aucune certitude, aussi l'ai-je abandonné.

Renonçant alors aux groseillers, j'ai cherché un autre arbuste dont les fruits fournissent un critère capable de fixer exactement le degré de maturité. Le framboisier (*Rubus Idaeus*), m'a paru remplir en tous points ces conditions. On sait que lorsque la framboise est parfaitement mûre, elle se détache d'elle-même du réceptacle sur lequel elle s'est formée. J'en ai déduit que, des fruits présentant cette même particularité, avaient atteint un degré égal de maturité.

Les essais portèrent sur soixante pieds de framboisiers dits « remontants », c'est-à-dire poussant en été de nouvelles branches, fructifiant encore en automne et donnant ainsi une seconde récolte tardive. Ces plantes, disposées en lignes, formaient un carré. Pour éviter toute erreur provenant de différences d'insolation, de fumure, d'humidité, etc., je n'ai pas divisé l'ensemble en deux lots, mais il m'a paru préférable de sulfater les lignes de deux en deux, intercalant ainsi entre elles un rang témoin.

Le framboisier présentait toutefois un inconvénient, celui de ne pouvoir subir qu'un traitement cuprique, par le fait qu'au moment où le second sulfatage aurait dû être appliqué — pour les groseillers un mois en général après le premier — les fruits, déjà formés, en auraient gardé des traces, qu'il devenait impossible de faire disparaître par un lavage à l'acide vu la consistance du fruit à maturité.

Les arbustes ayant servi à l'expérience en 1901 et 1902 ne reçurent donc qu'un seul traitement, à l'apparition des feuilles. Pour le prélèvement des échantillons, j'ai procédé comme suit : lorsque, dans les deux lots, les framboises furent parfaitement mûres, je secouai légèrement tous les rameaux et je recueillis tous les fruits qui s'en détachaient. L'opération fut faite sur tous les pieds de chaque lot, de façon à avoir un échantillon moyen exact. Sur cet échantillon, 500 gr. ont été prélevés et traités par la même méthode que celle appliquée pour les groseilles. Cette façon d'opérer ne me permettait pas de faire des déterminations renouvelées dans le courant de chaque été, mais, par contre, elle supprimait les erreurs d'échantillonnage.

Voici les chiffres donnés par l'analyse, rapportés, comme pour les groseilles, à 100 gr. de fruits :

C. Framboisiers (*Rubus Idæus*).

I. ESSAIS FAITS EN 1901.

Un sulfatage à la bouillie bordelaise, appliqué immédiatement après la sortie des feuilles.

Au moment de la floraison, on constate que les plantes sulfatées sont en avance sur les autres. La différence est rendue plus frappante encore par le fait que les abeilles voltigent sans cesse autour des lignes traitées qui leur offrent seules un grand nombre de fleurs épanouies.

Les premiers fruits mûrs apparaissent également sur les plantes traitées à la bouillie bordelaise et c'est de celles-ci encore qu'ils tombent tout d'abord.

	20 juillet			30 juillet		
	T	S	S - T	T	S	S - T
Acidité totale . .	27.0	28.5	+ 1.5	35.5	34.7	- 0.75
Sucre total . . .	6.76	7.00	+ 0.24	6.81	7.19	+ 0.28
Absorpt. de l'iode.	0.05	0.05	± 0	0.05	0.05	± 0
Nombre de fruits.	85	79	- 6	78	77	- 1

	2 ^{me} Récolte 19 septembre		
	T	S	S — T
Acidité totale.	28.0	28.0	± 0
Sucre total	4.34	4.44	+ 0.10
Absorption de l'iode	0.05	0.05	± 0
Nombre de fruits	97	95	— 2

II. ESSAIS FAITS EN 1902.

L'expérience a été faite dans les mêmes conditions que celles de 1901 et sur les mêmes plantes.

Cette fois je n'ai pas constaté un avancement aussi visible dans la végétation du lot sulfaté.

	14 juillet			28 juillet		
	T	S	S — T	T	S	S — T
Acidité totale	25.5	23.5	— 2.0	26.5	28.0	— 0.5
Sucre total	6.61	6.85	+ 0.24	6.98	7.20	+ 0.22
Sucre réducteur	4.98	5.26	+ 0.28	—	—	—
Extrait sec	8.76	6.70	— 1.06	8.12	8.21	+ 0.09
Nombre de fruits	74	73	— 1	70	70	± 0

	2 ^{me} Récolte le 4 septembre		
	T	S	S — T
Acidité totale	37.14	40.00	+ 2.86
Sucre total	0.86	0.97	+ 0.11
Extrait sec	8.31	8.87	+ 0.56
Cendres	0.428	0.345	— 0.082

Il résulte de ces chiffres que, dans le cas du framboisier du moins, on modifie d'une façon irrégulière l'acidité des fruits, tandis qu'on provoque, au contraire, et pour tous les sujets examinés, une légère augmentation de la proportion de sucre dans le lot sulfaté. Ici, elle ne provient

pas d'une différence de maturité, mais bien d'un travail physiologique plus actif de la plante et d'une accumulation plus importante, dans les fruits, de substances élaborées par elle.

MM. L. Ravaz et A. Bonnet¹, discutant les résultats de nos essais de 1899 sur les groseilles, pensent que les différences constatées sont dues à des erreurs d'échantillonnage. Cette objection, réfutée pour ce qui concerne les groseilles par les analyses faites depuis la première publication indiquée, pourra être mise en avant pour ce qui concerne les résultats obtenus sur le framboisier. Il me paraît difficile d'admettre qu'une erreur d'échantillonnage ait pu se produire dans six cas différents, toujours dans le même sens et avec une amplitude sensiblement la même. En outre, je répète qu'il m'a semblé préférable de faire peu de déterminations, mais de les effectuer sur la totalité du matériel à ma disposition, cela de façon à obtenir des résultats plus sûrs. Pour ce qui me concerne, je crois que les chiffres ci-dessus expriment une augmentation réelle de la richesse en sucre dans les plantes sulfatées.

D. Recherches effectuées sur la vigne. (*Vitis vinifera*).

Dans le vignoble, on a volontiers accusé les modifications de l'allure de la végétation provoquées par les sulfatages d'être la cause primordiale de l'altération connue sous le nom de « casse » ou brunissement des vins².

L'étude de l'influence des traitements cupriques sur la composition chimique du raisin présente donc un intérêt pratique tout particulier.

La première question qui se pose est naturellement de savoir si l'application des sels de cuivre provoque chez la vigne, comme chez les végétaux que je viens de citer, une

¹ Ravaz et Bonnet, *Progrès agricole*, 1902. **96**.

² E. Chuard, *Chronique agricole*. 1899, 1900. **15** et **16**.

accélération des phénomènes de maturation et une augmentation de la proportion de sucre dans les fruits.

Cette vérification présente une grosse difficulté par le fait que les ceps témoins, c'est-à-dire non sulfatés, peuvent être facilement attaqués par le mildiou, ce qui les place dans des conditions telles que toute comparaison devient impossible.

Pendant deux ans j'ai tenté l'expérience, mais chaque fois les ceps non traités, en treille comme en pleine vigne, ont été mildiousés et je n'ai pu obtenir aucun résultat.

En 1902 cependant, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir prendre un échantillon de raisins dans une vigne dont la partie centrale n'avait jamais été sulfatée, tandis que les bords étaient traités chaque année à la bouillie bordelaise. Lors de la prise d'échantillon, au moment des vendanges, les ceps non sulfatés étaient presque complètement dépouillés de leurs feuilles, alors même qu'ils n'avaient pas été atteints par le mildiou. Les ceps sulfatés, par contre, possédaient un feuillage qui commençait seulement à jaunir par-ci par-là.

L'analyse des moûts de ces deux lots a donné les résultats suivants :

	T	S	S — T
Acidité totale	16.275	16.650	+ 0.375
Sucre réducteur	12.73	12.34	— 0.39
Sucre total	12.91	12.40	— 0.51
Extrait sec	15.98	15.48	— 0.50
Cendres	0.306	0.300	+ 0.006
Absorption de l'iode	0.2	0.2	± 0

En présence de ces difficultés d'expérience, j'ai eu recours à des cépages plus résistants vis-à-vis du mildiou, c'est-à-dire à des plants américains non greffés (hybrides, producteurs directs).

Ces essais ont été faits en 1901 et 1902 sur sept variétés choisies dans les collections de producteurs directs que possède la Station viticole, au Champ-de-l'Air.

Dans ces deux années, onze échantillons ont été analysés : j'ai constaté dans cinq cas une acidité plus forte dans le lot sulfaté que dans le témoin ; dans cinq cas c'est l'inverse ; dans un cas les acidités sont les mêmes. Pour le sucre total, dans cinq cas les raisins des ceps sulfatés sont plus doux que les autres, dans cinq c'est l'inverse et dans un cas la proportion de sucre est égale dans les deux lots.

Ces résultats n'autorisent qu'une seule conclusion à savoir que les déductions qui ont été tirées des recherches faites sur les groseillers et les framboisiers ne sont pas applicables, sans correction, à la vigne.

La chose peut s'expliquer facilement si on songe que pour ce végétal nous sommes en présence de deux phénomènes dont les manifestations sont absolument opposées. En effet, d'une part, des observations que j'ai mentionnées dans ce travail font supposer que les traitements aux sels de cuivre provoquent une accélération des phénomènes vitaux chez la vigne comme chez d'autres végétaux ; d'autre part, les sulfatages prolongeant la période végétative retardent la période de maturation des fruits. Ce retard doit provenir surtout du fait que les feuilles restant parfaitement vertes en automne portent ombrage aux raisins, rendant ainsi la maturation de ceux-ci plus difficile surtout dans les années froides ou pluvieuses. L'action des remèdes cupriques sur la qualité de la récolte dépendrait donc du jeu de ces deux facteurs opposés, les conditions météorologiques de l'automne entrant pour beaucoup en ligne de compte.

Il est probable que dans les années présentant un automne chaud les sulfatages exercent une influence favorable sur la qualité de la récolte, celle-ci devant être légè-

rement plus douce et moins acide que si les ceps n'avaient pas été traités (il est évident qu'il est fait abstraction du mildiou). Dans les années pluvieuses, au contraire, les sels de cuivre, maintenant la végétation très verte, empêchent le raisin d'arriver à parfaite maturité, et dans ce cas, le feuillage entretenant une atmosphère humide entre les sarments favorisera le développement du Botrytis qui provoque la pourriture du raisin.

Dans ce dernier cas, il serait très logique d'admettre l'existence d'une relation entre la casse des vins et les traitements cupriques ; ceux-ci en empêchant la maturation de se parachever permettront aux raisins de conserver jusqu'au moment de la récolte les oxydases qui sans cela auraient disparu.

Mais ce sont là des spéculations purement théoriques. Les faits expérimentaux et les données analytiques recueillis jusqu'ici ne permettent pas de donner une conclusion définitive à une question aussi importante que délicate.

J'ai cru devoir présenter ces quelques renseignements généraux concernant l'action des sels de cuivre sur la vigne pour montrer que ce dernier végétal est en quelque sorte un cas particulier qui demande à lui seul tout un programme de recherches. Les lignes qui précèdent indiquent dans quelle direction ces recherches ont été entreprises et seront poursuivies.

* * *

Pour les raisons que je viens de mentionner, je fais donc abstraction de la vigne en présentant les conclusions de cette première partie de mon travail. Ces conclusions s'appliquent par conséquent aux végétaux qui, comme les groseillers et les framboisiers, mûrissent complètement leurs fruits longtemps avant la période du jaunissement et de la chute des feuilles.

Ceci établi, je récapitulerai les résultats de cette série de recherches en disant :

Conclusions.

1° Les fruits de plantes sulfatées sont moins acides et plus riches en sucre que ceux de plantes non traitées.

2° Ces différences proviennent avant tout du fait que, lors de la prise des échantillons, on se trouve en présence de fruits inégalement mûrs, les traitements cupriques hâtant les phénomènes de maturation.

3° Indépendamment de ce fait, on constate, du moins chez le framboisier, une légère augmentation de sucre dans les fruits provenant de plantes sulfatées, alors même que ceux-ci sont à un degré de maturité égal à celui des fruits témoins auxquels ils sont comparés.

4° Les différences de composition chimique des fruits sulfatés et des fruits témoins, tout en étant très nettes, n'atteignent pas, tout au moins dans notre climat et pour les plantes expérimentées, les chiffres énormes donnés par Galloway et Schachinger.

Ces faits étant établis, il reste à les expliquer, c'est-à-dire à rechercher l'influence que peuvent exercer les sels cupriques sur l'organisme végétal pour provoquer chez celui-ci des modifications aussi caractéristiques dans la rapidité de développement et de maturation de ses fruits. Le premier point qu'il est important d'élucider est celui de savoir si les sels de cuivre pénètrent dans l'organisme ou bien si, au contraire, ils restent absolument insolubles à la surface des feuilles traitées.
