

Thierry COULON  
et Magali GRINBAUM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ITV France Bordeaux et Orange  
E-mail : thierry.coulon@itvfrance.com  
et mgrinbaum@inter-rhone.com

# Caractérisation et maîtrise quantitative des effluents de pulvérisation, facteurs de pollution : l'exemple de la viticulture

## Characterization and mastering of effluent treatments, pollution factors : the viticulture example



**RÉSUMÉ :** ITV France a cherché à caractériser les effluents phytosanitaires générés après les traitements. Il a mis en évidence leur grande hétérogénéité, notamment les différences de volume et de charge polluante des fonds de cuve et eaux de rinçage. Il a évalué l'efficacité des opérations de rinçage à la parcelle et à la ferme, variable selon les molécules employées, le matériel utilisé et les pratiques du viticulteur. Les résultats militent pour une généralisation du rinçage à la parcelle (diminution de la charge polluante ramenée) et pour le traitement à la ferme des effluents restants (fonds de cuve dilués après rinçage à la parcelle + eaux de rinçage à la ferme). Ils montrent l'intérêt des réservoirs et buses de rinçage (rinçage du fond de cuve).

**MOTS-CLÉS :** produits phytosanitaires, effluents de pulvérisation, caractérisation, charge polluante, résidus, analyse, rinçage, efficacité.

**ABSTRACT :** ITV France sought to characterize the plant health effluents generated after the treatments. It highlighted their great heterogeneity, in particular the differences of volume and polluting load of the funds of tank and flushing waters. It evaluated the effectiveness of the operations of rinsing to the piece and the farm, variable according to molecules' employed, the material used and the practices of the wine grower. The results militate for a generalization of the rinsing to the piece (reduction of the brought back polluting load) and for the treatment the farm of the remaining effluents (funds of tank diluted after rinsing with the piece flushing waters to the farm). They show the tank advantage of and tubes of rinsing (rinsing of the bottom of tank).

**KEY WORDS :** phytochemicals, spray effluents, polluting load, residues.



**Tableau 3 : Charge polluante chimique : concentrations relatives Effluents/bouillies mères.**

	[ échantillon ] [ bouillie mère ] en %		Echelle de concentration
	Fourchette de résultats		
	mini/maxi	recentrée	
Fond de cuve	8,1 à 255 %	46,6 à 104 %	0,5 / 20 g/l
Eaux de rinçage interne cuve circuit	<1 à 51,2 % <1 à 37 %	1,2 à 14,2 % 2 à 6,6 %	1 / 1000 mg/l
Eaux de rinçage externe	<1 à 44,5 %	0,9 à 7,6 %	1 / 1000 mg/l
Eaux de contrôle			0,1 / 100 mg/l

Normes potabilité : 0,1 µg/l par m.a 0,5 µg/l toutes m.a

**Tableau 4 : Charge polluante chimique traduite en "volume équivalent bouillie"**

Rinçage à poste fixe	Fourchette de résultats		Contribution à la pollution totale	
	mini/maxi	recentrée	mini/maxi	recentrée
Charge polluante totale (FC + eaux rinçage int. et ext.)	1,1 à 107,5 l	2,3 à 25,5 l		
Fond de cuve	0,3 à 104,4 l	1 à 33 l	1,9 à 97,1 %	20,1 à 83,6
Eaux de rinçage interne cuve circuit	0,01 à 11 l 0,01 à 8,6 l	0,06 à 4,3 l 0,3 à 5,7 l	0,3 à 43,1 % 0,3 à 60,8 %	1,4 à 28,6 5,1 à 38,2
Eaux de rinçage externe	0,01 à 26,1 l	0,2 à 11 l	0,1 à 94,5 %	1,2 à 39,1

**Tableau 5: Réduction en % de la charge polluante chimique des effluents de pulvérisation grâce au rinçage à la parcelle.**

Rinçage à la parcelle	Fourchette de résultats de réduction mini/maxi en %	Niveau résiduaire de charge polluante mini/maxi (en L équivalent bouillie)
Fond de cuve	- 43 à - 96,4 %	0,01 à 3,22 l
Eaux de rinçage interne cuve circuit	- 20 à - 86,1 % - 45 à - 95,6 %	0,01 à 2,2 l 0,02 à 1,2 l
Eaux de rinçage externe		0,17 à 15,7 l
Total		0,5 à 17 l

#### LA CHARGE POLLUANTE CHIMIQUE : LES MATIÈRES ACTIVES PHYTOSANITAIRES

Des analyses ont été effectuées sur les échantillons prélevés sur les différentes fractions d'effluents : bouillies mères - fonds de cuve non dilués (rinçage à la ferme) ou dilués (rinçage à la parcelle) – eaux de rinçage interne de la cuve, du circuit – eaux de lavage extérieur. Le *tableau 3* présente des résultats très synthétiques en valeur relative par rapport à la concentration théorique de la bouillie préparée pour le traitement (base 100). Ces résultats sont donc exprimés, pour chaque molécule analysée, en pourcentage de la concentration théorique initiale de la bouillie.

La grande dispersion des résultats nous amène, comme pour les volumes, à préciser les "fourchettes" mini/maxi des valeurs obtenues, ainsi que des "fourchettes recentrées" sur les situations les plus fréquentes.

#### BOUILLIES MÈRES ET FONDS DE CUVE

Des prélèvements effectués sur les bouillies en début de traitement (juste avant départ du matériel pour ce traitement) et sur les reliquats de bouillie après traitement, ont eu pour objet de contrôler leur homogénéité par rapport aux concentrations théoriques. La formulation du produit, qui relève du savoir-faire de l'industrie phytosanitaire, d'une part, et le système de brassage du pulvérisateur, dont l'efficacité doit être contrôlée par le constructeur, d'autre part, assurent en principe le viticulteur d'une bouillie phytosanitaire suffisamment homogène pour à la fois faciliter son application régulière sur le végétal et permettre une efficacité biologique optimum des traitements.

En réalité, les résultats analytiques obtenus s'avèrent très dispersés selon les tests, les spécialités et molécules phytosanitaires mises en œuvre, les pulvérisateurs utilisés. La concentration des fonds de cuve peut varier de 8,1 à 255 % de celle de la bouillie initiale. Dans la majorité des cas, il existe des différences importantes entre concentrations théoriques des molécules et concentrations mesurées, que ce soit dans les bouillies juste après leur préparation (en cuve de préparation ou directement dans le pulvérisateur) ou dans les fonds de cuve ramenés à la ferme en fin de traitement.

Dans le cas où la spécialité phytosanitaire associe plusieurs matières actives, nous constatons que le rapport de concentration entre molécules n'est pas conservé. Des variations importantes de ce rapport se produisent. A l'analyse, certaines molécules ressortent surdosées ou plus généralement sous dosées.

A l'évidence, nous sommes obligés de constater :

- que les systèmes de brassage des pulvérisateurs, mais aussi des cuves de préparation, ne sont pas suffisamment performants pour permettre l'homogénéisation complète de la bouillie lors de la préparation.
- que sans doute, au cours du traitement, la composition de la bouillie pulvérisée varie à chaque instant, mais aussi que certaines molécules, en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques seraient davantage "exportées" en début de traitement, alors que d'autres le seraient moins et se retrouveraient donc sur concentrées dans le fond de cuve.

*Conséquence directe de ce qui précède : la pollution chimique potentielle que représente le fond de cuve sera modulée en fonction des molécules phytosanitaires et des conditions matérielles de préparation et du traitement.*

Autre difficulté dans l'évaluation de cette pollution chimique potentielle, une pratique analytique mal codifiée, qui ne permet pas une réelle fiabilité ou en tous les cas une fiabilité satisfaisante des analyses effectuées sur des effluents à très fortes concentrations en matières actives (problèmes de pollution au sein du laboratoire).

Nous avons constaté, à l'occasion de cette étude, l'absence quasi complète de références dans ce domaine.

Les laboratoires ont peu l'habitude de réaliser ce type d'analyses. A cela, s'ajoutent les difficultés d'homogénéisation et de prise d'échantillons d'effluents lors des manipulations expérimentales et lors de la reprise de ces échantillons au labo.

*Malgré tous ces facteurs d'imprécision et d'interrogation, globalement, les concentrations des fonds de cuve sont bien sûr très élevées, d'où l'importance d'en limiter au maximum les volumes et/ou de les éliminer après dilution par ré application à la parcelle.*

#### EFFLUENTS DE RINÇAGE INTERNE (cuve et circuit)

Les concentrations en matières actives des eaux de rinçage sont très inférieures à celles des bouillies et fonds de cuve. Cependant, elles restent très importantes et, en aucun cas, ces eaux de rinçage ne devraient rejoindre directement, sans traitement, le milieu naturel. De la même manière que pour les fonds de cuves, les résultats apparaissent dispersés. Globalement, sur les tests réalisés de 2000 à 2004, la concentration des eaux de rinçage des cuves de pulvérisateurs varie de 1 % et moins, à 51 % de la concentration initiale de la bouillie de traitement. Si on élimine les valeurs extrêmes, on obtient un "espace" de variation de 1,2 à 14,2 %.

Pour ce qui est des eaux de rinçage du circuit (retour en cuve + circuit proprement dit + filtres), le différentiel est plus faible, de moins de 1 % à 37 % de la concentration initiale de la bouillie (et recentré pour l'essentiel entre 2 et 6,6 % de celle-ci).

Cette dispersion des résultats peut s'expliquer par plusieurs facteurs : les différences non négligeables des volumes d'eau mis en œuvre, les pratiques très variables des exploitants dans le soin apporté aux opérations, dans l'évaluation de la propreté du matériel, de la clarté de l'eau en fin de rinçage, la conception des pulvérisateurs qui influence la rétention de bouillie sur ou dans les divers organes des appareils, le comportement différent des molécules en termes de "nettoyabilité", ce en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, de leur solubilité, de leur concentration, très variables d'une molécule à l'autre.

*En tout état de cause, cette hétérogénéité des effluents de rinçage des pulvérisateurs en terme de pollution chimique potentielle, nous semble devoir être prise en compte, en même temps que la concentration proprement dite de ces effluents, dans tout schéma de maîtrise et traitement quantitatif et qualitatif.*

#### EFFLUENTS DE LAVAGE EXTERNE DU PULVÉRISATEUR

Les résultats concernant cette fraction d'effluent apparaissent également dans le *tableau 3*. Ils sont, eux aussi, très dispersés. Selon les tests, les concentrations en matières actives s'élèvent de 1 % et moins à 44,5 % des concentrations théoriques de la bouillie de traitement. Dans la majorité des cas, on reste à des niveaux inférieurs à 10 % des concentrations de la bouillie initiale.

#### ECHELLE DE CONCENTRATION DES EFFLUENTS DE RINÇAGE EN MOLÉCULES PHYTOSANITAIRES

Elles restent élevées, surtout si on les considère par rapport à la seule réglementation existante concernant la qualité des eaux. Les normes précisent les teneurs maximales en molécules pour les eaux destinées à la consommation humaine, soit 0,1 mg/l maximum par molécule individualisée et 0,5 mg/l au total pour l'ensemble des molécules retrouvées (*tableau 3*).

Nous nous situons, avec les effluents de rinçage de nos pulvérisateurs, à des niveaux 100 000 fois supérieurs et au-delà. Dans le détail, les résultats d'analyses peuvent parfois être convergents ou parfois divergents. Les concentrations en matière active peuvent être similaires dans les eaux de rinçage de la cuve et du circuit mais peuvent être différentes. Les teneurs des eaux de lavage extérieur sont parfois plus élevées, parfois plus faibles que celles des eaux de rinçage interne.

*L'hétérogénéité du "matériau" ainsi récupéré nous donne une idée de la rusticité et de la souplesse nécessaire des procédés de traitement qui sont à mettre en œuvre en aval avant rejet.*

#### EVALUATION DE LA POLLUTION QUANTITATIVE DES EFFLUENTS DE PULVÉRISATION DANS LE CAS DES RINÇAGES À POSTE FIXE À LA FERME

En connaissance des volumes d'effluents et de leurs concentrations respectives, nous pouvons évaluer les quantités de matières actives ainsi éliminées qui restent à traiter. Afin de simplifier les résultats et d'en faciliter la lecture, nous avons transformé ces quantités en "équivalent de volume de bouillie" ainsi retrouvé dans les différentes fractions d'effluents (fonds de cuve et eaux de rinçage).

Le *tableau 4* présente les résultats globaux de nos essais. Pour chaque fraction d'effluent, on obtient une fourchette quantitative (mini-maxi) liée aux différents résultats analytiques obtenus pour les différentes molécules associées dans les bouillies phytosanitaires. Sur l'ensemble des tests, on observe une très grande variation de volume total d'équivalent bouillie. Ce volume peut être faible, ramené entre 1 et 2 litres quand le fond de cuve en particulier est réduit au strict minimum. Dans le cas inverse, il peut devenir très important. En écrétant les résultats de dosage les plus élevés ou très faibles, nous constatons un espace de variation recentré de 2 à 25 litres d'équivalent bouillie (sur 20 modalités étudiées de 2000 à 2004). Mais la grande hétérogénéité des situations de la pratique et des substrats est bien révélée par l'espace de variation total qui va de 1 à 107 litres d'équivalent bouillie. Le pourcentage représenté par les fonds de cuve dans la pollution chimique totale occasionnée par les effluents de pulvérisation, peut aller de 1,9 à 97,1 % selon les cas. Dans la majorité des situations, la contribution du fond de cuve à la pollution totale varie de 20 à 84 % (fourchette recentrée). Selon la confi-

guration des pulvérisateurs et les pratiques des viticulteurs, les eaux de rinçage interne et/ou externe peuvent représenter une part également non négligeable de la pollution engendrée par le nettoyage du matériel.

#### INTÉRÊT DU RINÇAGE À LA PARCELLE

La pratique du rinçage à la parcelle permet toujours de réduire significativement la charge polluante potentielle liée aux fonds de cuve d'une part, mais aussi aux eaux de rinçage interne de la cuve et du circuit du pulvérisateur.

Les résultats présentés dans le *tableau 5*, permettent de bien quantifier l'intérêt d'une telle pratique. Les meilleurs sont issus d'une organisation rigoureuse du viticulteur : volumes de bouillie bien calculés, application des traitements puis des fonds de cuve dilués jusqu'à désamorçage de la pompe du pulvérisateur, en particulier. Si ces conditions sont réunies, la réduction en ce qui concerne le fond de cuve peut atteindre 90 à 95 %, de même que pour les effluents de rinçage de la cuve et du circuit. Si les conditions de l'opération sont moins bien maîtrisées (fond de cuve important, ré application partielle du fond de cuve dilué...), l'intérêt s'en trouve restreint. Dans ce cas, la réduction des charges polluantes tant des fonds de cuve que des eaux de rinçage peut « plafonner » entre 40 et 50 %.

C'est pour les modalités de rinçage à la parcelle que nous obtenons les niveaux de pollution chimique

potentielle les plus faibles dans nos tests en ce qui concerne les effluents internes. Les eaux de lavage extérieur des pulvérisateurs deviennent alors prépondérantes dans la charge polluante totale.

#### EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES OPÉRATIONS

##### DE RINÇAGE EFFECTUÉES À POSTE FIXE

Afin d'évaluer l'efficacité des opérations de rinçage effectuées par les viticulteurs, nous réalisons un second rinçage immédiatement après, tant de la cuve que du circuit, avec une quantité d'eau également mesurée.

Des échantillons de ces effluents de second rinçage sont prélevés et analysés. Dans la plupart des tests, les concentrations en matières actives de ces eaux de rinçage de contrôle sont nettement plus faibles que celles du 1<sup>er</sup> rinçage à poste fixe. Ce constat est logique eu égard aux niveaux de DCO, relativement faibles, de ces échantillons. Si l'on estime que l'efficacité du 1<sup>er</sup> rinçage est d'autant plus grande que la concentration résiduelle des molécules est faible dans le second, cette efficacité varie cependant sensiblement selon les matières actives.

A titre d'exemple, si la « nettoyabilité » du cymoxanil est régulièrement élevée (>96 %), celles du folpel, du fosétyl d'Al, de l'azoxystrobine, du krénoxim méthyl, du pyriferox, du flusilazole... sont plus irrégulières (50 à 90 %). Le diméthomorphe est bien éliminé (> 90 %), le cuivre assez bien (76 à 98 %), etc...

#### CONCLUSION

**Cette série de résultats nous permet d'approcher la réalité complexe, quantitativement importante, de la charge de pollution que représentent les effluents de pulvérisation. Compte tenu du nombre de traitements effectués campagne après campagne sur les vignobles, les risques de pollution du milieu naturel ne peuvent être ignorés.**

**Ces risques sont d'ailleurs avérés, certaines matières actives étant retrouvées dans les eaux de surface mais aussi de profondeur.**

**Une priorité réside dans la réduction quantitative maximale des effluents à l'amont et en premier lieu des volumes de fond de cuve. Le rinçage du matériel, directement à la vigne, avant retour du pulvérisateur à la ferme, est à promouvoir. L'effort d'équipement à fournir par les viticulteurs est réel mais indispensable. Dans l'attente d'un tel équipement, le remplissage de la cuve à partir d'un point d'eau peut permettre un tel rinçage à la parcelle.**

**Malgré tout, les dernières eaux de rinçage resteront chargées d'une quantité significative de matières actives. Il est probable qu'une réglementation se mette en place dans des délais plus ou moins rapprochés et précise les teneurs maximales admises pour leur rejet dans le milieu naturel.**

**Un traitement adapté devra permettre de ramener cet effluent ultime à des concentrations compatibles avec un tel rejet direct (épandage). En ce qui concerne les eaux de rinçage extérieur, des procédés successifs seront à mettre en œuvre pour éliminer huile, graisse, débris divers et molécules phytosanitaires.**

**Malgré les imprécisions qui demeurent, liées à la grande diversité des situations, des pratiques, des équipements et à la relative imprécision des analyses, nous disposons d'éléments suffisants pour appuyer une communication à destination des viticulteurs qui les inciteraient à une maîtrise quantitative amont des effluents de pulvérisation.**

**Le traitement aval de l'ultime reliquat dilué restera nécessaire. Il devra mettre en œuvre des procédés suffisamment performants pour assurer des résultats satisfaisants sur des substrats dont la principale caractéristique restera sans doute l'hétérogénéité.**