

Modes d'entretien du sol en viticulture et transfert de pesticides dans les eaux de drainage

Laure GONTIER¹, Eva SCHRECK², Philippe SACCHARIN¹

¹IFV Pôle Sud-Ouest - V'Innopôle Brames Aigues BP 22 - 81310 LISLE/TARN

²Laboratoire Chimie et Biochimie des Interactions, Centre Universitaire Jean-François Champollion - Place Verdun - 81000 Albi
Email: laure.gontier@vignevin.com

Résumé : Une expérimentation à l'échelle parcellaire a été mise en place de 2006 à 2009 en milieu viticole afin de déterminer l'impact de différents modes d'entretien du sol sur le transfert de pesticides dans les eaux de drainage, voie de transfert encore peu étudiée dans le cadre de la viticulture. Différentes modalités d'entretien du sol ont été comparées : désherbage chimique sur la totalité de la surface, désherbage chimique sous le rang et travail du sol sur l'inter-rang, désherbage chimique sous le rang et enherbement semé sur l'inter-rang. Le fonctionnement hydrologique des parcelles est apparu comme un des facteurs majeurs conditionnant le risque de transfert. Les résultats ont mis en évidence le transfert de plusieurs substances actives herbicides, mais également fongicides, à des concentrations qui demeurent relativement faibles. Les concentrations maximales ont été retrouvées dans les eaux de drainage de la modalité désherbée en plein.

Mots-Clés : viticulture, pesticides, transferts, sols, eaux de drainage, entretien du sol, lombriciens

Introduction

Depuis une quinzaine d'années, les réseaux de surveillance de la qualité des eaux tirent la sonnette d'alarme vis à vis de la contamination des eaux continentales superficielles et souterraines par les matières actives phytosanitaires. Le milieu viticole est particulièrement concerné car les herbicides utilisés en viticulture font partie des substances actives les plus régulièrement détectées. Or l'ensemble des voies de transport des substances phytosanitaires partent ou transitent par le sol, d'où l'importance de prendre en compte l'influence prépondérante du mode d'entretien du sol qui modifie les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Ce constat, associé à une pression sociale croissante au sujet de la protection de l'environnement, ont amené la profession viticole à remettre en cause le raisonnement de l'entretien du sol entraînant une demande d'information de la part des viticulteurs. Les impacts des techniques d'entretien du sol alternatives au désherbage chimique – enherbement et travail du sol – sur la vigne sont actuellement assez bien caractérisés. En ce qui concerne l'influence de ces techniques sur la qualité de l'eau, des études à l'échelle de la parcelle et du bassin versant (INRA Montpellier/Chambre d'agriculture 34, Le Bissonnais et al., 2006 ; ENGEES/CEMAGREF, Domange, 2005) ont été réalisées et des références existent. Cependant, la majorité de ces expérimentations prennent uniquement en compte les transferts de matières actives par la voie du ruissellement, le drainage, seconde voie majeure de transfert des produits phytosanitaires vers le milieu aquatique, a été peu étudiée en milieu viticole.

L'objectif général de ce projet a été de quantifier l'influence des modes d'entretien du sol en viticulture sur le transfert des pesticides par la voie du drainage. Pour mener à bien ce projet, l'IFV a travaillé en partenariat avec le laboratoire « Chimie et Biochimie des Interactions » du Centre Universitaire Jean-François Champollion à Albi.

Le projet avait pour objectif principal l'acquisition de références quantitatives quant à l'impact environnemental des techniques d'entretien des sols actuellement à la disposition des viticulteurs, pour être en mesure de répondre à leurs attentes et de proposer de nouvelles alternatives. Les résultats présentés sont issus d'une expérimentation qui comparait l'impact de trois modes d'entretien du sol sur les transferts de produits phytosanitaires par drainage.

Matériels et méthodes

Les résultats sont issus d'une expérimentation mise en place à l'échelle parcellaire sur le Domaine Expérimental Viticole Tarnais, à proximité de la station IFV pôle Sud-Ouest à Gaillac (81). Ce site a été instrumenté en 2006 afin de mesurer les transferts de produits phytosanitaires par drainage en relation avec différents modes d'entretien du sol. La première année d'étude correspond à la campagne viticole 2006. Ce travail a été mené en collaboration par l'IFV et le laboratoire

Chimie et Biochimie des Interactions du centre universitaire Jean-François Champollion à Albi. Il s'est inscrit dans le cadre plus large de la thèse d'Eva Schreck (2006-2009).

Présentation du site expérimental : Le site expérimental est situé dans le Sud-Ouest de la France, en zone A.O.P. Gaillac. Il occupe une position de plaine, les pentes sont faibles : inférieures à 5%. Le sol est un luvisol rédoxisol (R.P., 1995), régionalement qualifié de « boubène ». Le site comprend trois parcelles d'un hectare chacune, instrumentées pour les besoins de l'étude. Le drainage est assuré par des tuyaux enterrés en PVC annelé, de 65 mm de diamètre, implantés entre 1,00 et 1,20 mètre de profondeur, avec des écartements de 10 à 12 mètres. Les drains sont perpendiculaires aux rangs de vigne. Chaque parcelle drainée possède son réseau de drainage individualisé. Un réseau d'isolement hydraulique (drains d'isolement installés dans les allées) assure une protection par captage des eaux parasites pouvant migrer latéralement d'une parcelle expérimentale vers les autres. Les allées, d'une largeur de 10 m, sont engazonnées. Un pluviomètre à augets est installé sur le site. La pluie est enregistrée au pas de temps horaire. La vigne a été plantée en 2003 et 2004. Le site a été désherbé chimiquement en totalité jusqu'au printemps 2005, date à laquelle trois modalités d'entretien du sol ont été différenciées sur les trois parcelles : désherbage chimique total (codé 'DES'), désherbage chimique sous le rang et travail du sol sur l'inter-rang (codé 'TRA'), désherbage chimique sous le rang et enherbement permanent semé (à base de ray-grass anglais et fétuque rouge) sur l'inter-rang (codé 'ENHB'). L'écartement entre les rangs est de 2,20 m. La surface désherbée chimiquement, sous le rang, sur les modalités 'TRA' et 'ENHB', représente 1/3 de la surface totale.

Itinéraire technique : L'itinéraire phytosanitaire (choix des substances actives herbicides, fongicides et insecticides appliquées) est identique sur les 3 parcelles et représentatif des pratiques régionales. Le désherbage chimique suit une stratégie mixte : désherbage de post-lévee en sortie d'hiver associé à un désherbage de pré-lévee au printemps. Les applications de fongicides sont réalisées en fonction des avertissements lutte raisonnée. Les traitements insecticides sont limités aux trois applications obligatoires dans le cadre de la lutte contre la flavescence dorée. La pulvérisation est effectuée au moyen d'un système pneumatique en face par face. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes limités à la recherche de six substances actives présentant des caractéristiques physico-chimiques contrastées : flumioxazine et flazasulfuron pour les herbicides, métalaxyl-M et myclobutanil pour les fongicides, chlorpyrifos-éthyl et lambda-cyhalothrine pour les insecticides. Leurs périodes et doses d'application sont récapitulées dans le tableau ci-dessous. Le travail du sol sur la modalité 'TRA' est superficiel (0-15 cm), quatre interventions en moyenne sont réalisées par an. L'enherbement des inter-rangs sur

Tableau I : Nature des produits utilisés et doses appliquées.

d'infiltrations profondes non limitantes.

Millésime	Modalité	Type de pesticide	Substance active	Période d'application	Nombre de traitements	Dose (g.ha ⁻¹ m.a.)
2006	DES	herbicide	flumioxazine	avril	1	600
	TRA, ENHB	herbicide	flumioxazine	avril	1	200
	toutes	fongicide	métalaxyl-M	mai/juin	2	232.8
	toutes	fongicide	myclobutanil	mai/juin	2	60
	toutes	insecticide	λ-cyhalothrine	juin/juillet	2	25
2007	DES	herbicide	flazasulfuron	avril	1	50
	TRA, ENHB	herbicide	flazasulfuron	avril	1	16.5
	toutes	fongicide	métalaxyl-M	mai	2	194
	toutes	fongicide	myclobutanil	juin	2	60
	toutes	insecticide	λ-cyhalothrine	juin	2	25
2008	DES	herbicide	flumioxazine	avril	1	600
	TRA, ENHB	herbicide	flumioxazine	avril	1	200
	toutes	fongicide	métalaxyl-M	mai	2	194
	toutes	fongicide	myclobutanil	mai/juin	3	90
	toutes	insecticide	λ-cyhalothrine	juin/août	2	25

N.B. Pour plus de lisibilité, les substances actives appliquées mais non recherchées n'ont pas été citées.

la modalité 'ENHB' est entretenu par des tontes régulières. Toutes les opérations culturales sont enregistrées.

Facteurs mesurés, calculés et contrôlés : Les eaux de drainage de chaque parcelle sont collectées individuellement via un système à augets basculeurs dans des flacons en verre d'une contenance maximale de 15 L. Un prélèvement (30 mL) est effectué tous les 0,02 m³. Les prélèvements sont ensuite cumulés dans un flacon, changé manuellement toutes les 24h. Ce dispositif permet de faire des échantillonnages composés proportionnels au débit des écoulements. À partir de la campagne 2007/2008, l'enregistrement de la fréquence des basculements d'augets a permis la mesure des débits de drainage au pas de temps horaire. Les échantillons d'eau, congelés à -18°C dès leur constitution, sont acheminés au laboratoire en fin de campagne. Dans le cadre de la collaboration mise en place sur ce projet, le laboratoire Chimie et Biochimie des Interactions du centre universitaire Jean-François Champollion à Albi a développé les méthodes d'analyses nécessaires. Le dosage des substances actives phytosanitaires commence par une extraction au dichlorométhane. Après évaporation, l'extrait est repris dans 50 µL de dichlorométhane puis injecté en GC/MS et HPLC/UV. Les limites de détection (LoD) sont de 0,30 µg.L⁻¹ (λ-cyhalothrine, chlorpyrifos-éthyl) et 0,12 µg.L⁻¹ (flazasulfuron, métalaxyl-M, myclobutanil) (Schreck et al., 2008).

Résultats

Un fonctionnement hydrologique qui conditionne les risques de transfert :

La période de drainage s'étend classiquement sur notre site expérimental d'octobre à mai. Le fonctionnement hydrologique du sol a été étudié sur la période octobre 2007-juillet 2008 (prise en compte d'écoulements ponctuels reliés aux orages estivaux) à partir des données de débit enregistrées par la centrale d'acquisition. L'établissement de la courbe double cumul pluie-débit permet d'avoir une vision globale du fonctionnement hydrologique sur l'ensemble de la saison (figure 1). Nous constatons que le mode d'entretien du sol influence fortement le fonctionnement hydrologique du sol. En phase d'amorce du drainage, la modalité désherbée chimiquement (DES) restitue de l'eau par drainage avant la saturation de la réserve utile du sol (200 mm). Le sol nu sur cette modalité favorise l'apparition de fentes de dessiccation responsables d'écoulements préférentiels susceptibles de conduire à la réduction du délai entre les traitements et les 1ers écoulements d'eau par drainage, ainsi qu'à une fréquence plus importante des écoulements sur la période août-octobre. L'étude du fonctionnement hydrologique global à l'échelle annuelle met en évidence l'influence du positionnement de la SDI (Saison de Drainage Intense) sur les risques de transfert : un décalage vers le printemps (mai-juin), comme observé en 2008, augmente, par exemple, les fréquences de détection des fongicides dans les eaux de drainage. Par ailleurs, l'allure générale des courbes suggère un fonctionnement atypique avec des restitutions faibles. Ce phénomène, déjà observé sur certains luvisols-redoxisols (Guiesse et al., 1989) serait expliqué par leur organisation structurale à l'origine

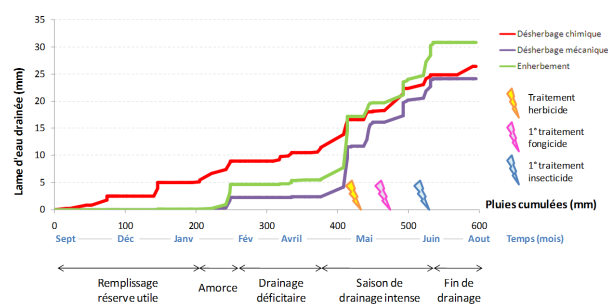


Figure 1 : Courbes de double-cumuls pluie-débit 2007/2008.

La modalité enherbée est celle qui, pour l'année 2008, restitue le plus important volume d'eau cumulé pour la période considérée. Ces constatations rejoignent les conclusions de Louchart (1999) relatives au rôle de l'enherbement sur l'amélioration de la structure des sols et l'augmentation de la capacité d'infiltration de l'eau sous couvert végétal. La zone racinaire, bien structurée et poreuse, favoriserait l'infiltrabilité de l'eau (Celette, 2007).

Transfert des substances actives phytosanitaires :

Les six substances actives phytosanitaires étudiées ont présenté des profils de transfert contrastés sous la dépendance de leurs dates et doses d'application et de leurs caractéristiques physico-chimiques. Les substances actives flazasulfuron, métalaxyl-M et, dans une moindre mesure, myclobutanil, ont montré une persistance plus importante dans les sols, mise en évidence par des détections dans les eaux plusieurs mois après leur dernière application. Dans l'ensemble, les concentrations maximales enregistrées demeurent faibles. Les insecticides λ-cyhalothrine (pyréthrinolide de synthèse) et chlorpyrifos-éthyl (organophosphoré) ont été ponctuellement détectables mais non quantifiables dans les eaux de drainage des différentes modalités d'entretien des sols. Cette faible fréquence de détection peut s'expliquer par le fait que ces molécules sont i) appliquées directement sur le feuillage, ii) épanchées en période estivale (juin/juillet) ce qui entraîne un allongement du délai traitement-1er écoulement, et iii) présentent des caractéristiques physico-chimiques peu favorables au transfert dans les eaux d'infiltration : faible solubilité dans l'eau, Koc élevé. Elles sont vraisemblablement photodégradées ou adsorbées sous forme de résidus non extractibles dans le sol. Les herbicides de pré-lévée flazasulfuron (famille des sulfonylurées) et flumioxazine (famille des phénylphthalimides) sont appliqués directement sur le sol, à une dose trois fois supérieure sur la modalité désherbée chimiquement en plein (DES) comparativement aux autres modalités (ENHB et TRA). La flumioxazine n'est détectée dans les eaux de drainage que dans le cas d'une application « en plein » (modalité DES) et uniquement dans les écoulements printaniers qui suivent son application (non détectée à la reprise du drainage à l'automne suivant) à la concentration maximale de 10.35 µg/l. Le flazasulfuron appliqué une seule fois en avril 2007 est retrouvé

dans les eaux de drainage des trois modalités dès son application et dans les semaines qui suivent, la concentration maximale (3.7 µg/l) est logiquement enregistrée sur la modalité DES (effet dose). Les concentrations maximales enregistrées sur les modalités TRA et ENHB sont respectivement 0.25 et 0.64 µg/l. A la reprise du drainage à l'automne 2008 et jusqu'en juin 2008, le flazasulfuron est régulièrement détecté à l'état de traces (concentrations de l'ordre de 0.1µg/l) sur l'ensemble des modalités. Cette substance active paraît rémanente et remobilisable dans le temps par les eaux d'infiltration. L'analyse des eaux de drainage met en évidence leur contamination par les deux fongicides étudiés : le métalaxyl-M (phénylamide) et le myclobutanil (triazole). Sur les années d'expérimentation, l'application de ces deux matières actives a été conjointe à la Saison de Drainage Intense (SDI) ce qui a conduit à les retrouver dans les eaux aux concentrations maximales enregistrées peu de temps après leur application. Les deux fongicides sont cependant également retrouvés à l'état de traces à la reprise du drainage, l'automne suivant leur application. Les concentrations maximales sont enregistrées pour le métalaxyl-M en mai 2007, 12 jours après l'application, elles sont respectivement de 13.32, 4.24 et 5.94 µg/l sur DES, TRA et ENHB. Concernant le myclobutanil, appliqué à une dose plus faible, les concentrations maximales enregistrées sur l'ensemble de la durée de l'étude sont respectivement de 0.28, 0.06 et 0.21 µg/l sur DES, TRA et ENHB. Concernant les modes d'entretien du sol, les concentrations maximales sont enregistrées sur la modalité désherbage chimique en plein (DES).

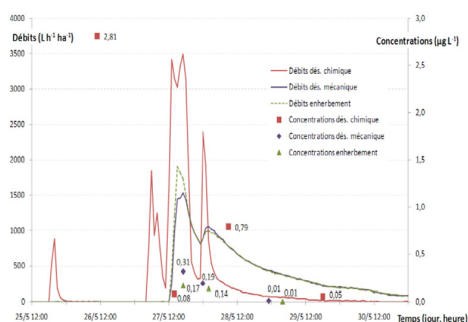


Figure 2 : Débits horaires et concentrations en fongicide (moyennes entre deux points de prélèvement) dans les eaux de drainage.

La figure 2 illustre le suivi du métalaxyl-M en 2008 au cours de l'épisode de drainage consécutif à deux applications (13 et 22 mai). Le graphique présente les concentrations en métalaxyl-M retrouvées dans les eaux de drainage en fonction du temps et des volumes écoulés. Les concentrations affichées sont les concentrations moyennes entre deux points de prélèvement. L'application du métalaxyl-M en cours de saison de drainage intense et la présence d'écoulements préférentiels sur la modalité désherbage chimique conduisent à le retrouver rapidement (3 jours après le traitement) dans les eaux de drainage de cette modalité, à la concentration maximale enregistrée. Pour un fonctionnement hydrologique comparable, la modalité enherbée permet une réduction de l'exportation de cette substance active par rapport à la modalité désherbée mécaniquement (volumes écoulés comparables, courbes superposables, concentrations systématiquement inférieures). Cependant, le risque de transfert d'une molécule dépendant aussi de ses caractéristiques physico-chimiques et de son mode et date d'application : l'exemple de ce fongicide appliqué en 2008 durant la SDI n'est pas généralisable.

Conclusion

L'ensemble des résultats met en évidence un impact de l'entretien du sol sur le fonctionnement hydrologique du sol viticole drainé. Celui-ci peut être à l'origine de potentiels transferts de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines (en fonction des caractéristiques physico-chimiques des molécules et de leur application). Les résultats ont mis en évidence le transfert de plusieurs substances

actives herbicides, mais également fongicides, à des concentrations qui demeurent relativement faibles. Les concentrations maximales ont été retrouvées dans les eaux de drainage de la modalité désherbée en plein. L'enherbement apparaît comme l'entretien des sols le moins perturbant pour l'environnement en milieu viticole. Le couvert végétal favoriserait une infiltration régulière de l'eau dans la zone racinaire, sans chemins préférentiels, à l'origine peut-être d'un processus de rétention des pesticides.

Références bibliographiques

- Celette F., 2007. Dynamique des fonctionnements hydrique et azoté dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen. 200 p. Thèse de doctorat de Montpellier SupAgro.
- Domange N., 2005. Etude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut-Rhin). 328 p. Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur Strasbourg 1.
- Guiesse M., Collas P., Bourgeat F., Chossat J.C., 1989. Relation entre la conductivité hydraulique de sols drainés et leurs caractéristiques pédologiques. Science du sol 27, 257-279.
- IFEN, 2006. Rapport sur l'état de l'environnement en France - Edition 2006. Etat des lieux de l'environnement en France et de son évolution. Les synthèses de l'IFEN, 504 p.
- Le Bissonnais Y., Andrieux P., 2006. Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols. Mécanismes et résultats expérimentaux. Congrès Mondialviti, Bordeaux, France, 29-30 novembre 2006, 57-64.
- Louchart X., 1999. Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole. Etude expérimentale et éléments de modélisation. 263 p. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Schreck E., 2008. Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration - Impact sur les lombriciens. 300 p. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse. Disponible sur <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/Theses/documents/These-transfert.pdf>.
- Schreck E., Geret F., Gontier L., Treilhou M., 2008. Development and validation of a rapid multiresidue method for pesticide determination using gas chromatography - mass spectrometry: a realistic case in vineyard soils. Talanta 77, 298-303.



Ce qu'il faut retenir

Les pratiques phytosanitaires viticoles font de la culture de la vigne un agrosystème à risque vis à vis du transfert des produits phytosanitaires vers les eaux. Une expérimentation mise en œuvre de 2006 à 2008 par l'IFV, en partenariat avec l'Université J.F. Champollion d'Albi, a eu pour objectif d'explorer le devenir des substances actives infiltrées via l'étude des eaux de drainage de parcelles viticoles conduites avec différents modes d'entretien du sol.

Les six substances actives phytosanitaires étudiées ont présenté des profils de transfert contrastés sous la dépendance de leurs dates et doses d'application et de leurs caractéristiques physico-chimiques. Les substances actives flazasulfuron, métalaxyl-M et, dans une moindre mesure, myclobutanil, ont montré une persistance plus importante, mise en évidence par des détections dans les eaux plusieurs mois après leur dernière application.

Le fonctionnement hydrologique des parcelles est un des facteurs majeurs qui a conditionné les risques de transfert

Pour en savoir plus : <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/Theses/transfert.php>