

Cuivre et mildiou en AB :

comment construire sa stratégie de lutte contre le mildiou en cohérence avec les résultats attendus par les viticulteurs ?

Exemples de la Gironde et du Rhône

Ludivine Davidou

Chambre d'Agriculture de la Gironde - Vinopôle Bordeaux-Aquitaine
39 rue Michel Montaigne - CS 20115 - 33294 BLANQUEFORT CEDEX

l.davidou@gironde.chambagri.fr

Caroline Le Roux – Marie Gouttesoulard

Chambre d'Agriculture du Rhône – Antenne de Villefranche
210 Bd Vermorel - BP 319 - 69661 Villefranche sur Saône Cedex

caroline.le-roux@rhone.chambagri.fr - mgouttesoulard@etu.isara.fr

Résumé :

Depuis le 1^{er} janvier 2006, le cahier des charges en Agriculture Biologique (AB) autorise une quantité totale de cuivre métal maximale de 6 kg par hectare et par an. Toutefois, cette dose peut être ajustée selon les années mais ne doit pas dépasser 30 kg/ha sur une durée de 5 ans. Actuellement, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) souhaite une réduction de cette dose à 4 kg/ha/an pour 2014 sans lissage.

Afin de savoir si 4000 g de cuivre métal est suffisant pour lutter contre le mildiou de la vigne en AB, les Chambres d'Agriculture de Gironde et du Rhône réalisent depuis 2009, selon un protocole commun, des expérimentations évaluant différentes stratégies pour lutter contre le mildiou afin de répondre à de nombreuses questions que se posent les viticulteurs en AB :

- Comment s'en sortir avec seulement 4000 g de cuivre ?
- Comment optimiser le positionnement de ses traitements ?
- La forme de cuivre utilisée est-elle importante pour réussir sa stratégie ?
- Est-il intéressant d'associer différentes formes cupriques ?

Ainsi, les différentes modalités introduites dans les essais permettent de comparer statistiquement des stratégies de réduction et de modulation de doses de différentes formes de cuivre, pilotées en fonction des pluies, de la pression et du risque parasitaire. Les essais sont conduits sur plusieurs années afin d'évaluer l'efficacité sur plusieurs millésimes, tous différents d'un point de vue climatique.

Finalement, dans les vignobles Aquitains et Septentrionaux, les résultats et la significativité des modalités sont sensiblement les mêmes :

- A cadence fixe, la stratégie employant la dose de cuivre métal la plus élevée (10 applications X 600 g comparées à 10 applications X 400 g) donne toujours de meilleurs résultats (données CA69). Pourtant, cette stratégie n'est pas à privilégier dans un objectif de réduction des doses de cuivre.
- La modulation des doses de cuivre et le pilotage des traitements est la stratégie incontournable pour optimiser les quantités de cuivre apportées au vignoble tout en conservant un état sanitaire satisfaisant. Pour autant, il n'existe pas d'Outil d'Aide à la Décision (OAD) pour formaliser cette stratégie.

En cas de faible à moyenne pression de la maladie, 2 kg/ha/an seraient suffisants dans le Bordelais alors que dans le Beaujolais, 4 kg/ha/an sont vraiment nécessaires. En effet, la conduite de la vigne en haute densité et très proche du sol rend la plante facilement réceptive à la maladie.

En revanche, **en cas de forte pression parasitaire**, 6 000 g/ha (voire plus certaines années), s'avèrent indispensables pour une protection optimale du vignoble dans le Bordelais. Le climat étant plus clément dans le Beaujolais 4 000 à 5 000 g/ha sont suffisants.

- Pour l'application d'une même forme de cuivre toute la saison (sulfate ou hydroxyde), celle-ci n'est pas déterminante dans l'efficacité de la stratégie à cadence et doses modulées. Par contre, l'association de différentes formes cupriques (sulfate + hydroxyde) témoigne d'une tendance positive en 2012 (CA33). Toutefois, ces travaux sont encore au stade d'acquisition de références et restent à confirmer.

La synthèse des résultats des 4 dernières années permet de valider des stratégies montrant une bonne efficacité en adéquation avec les résultats attendus par les viticulteurs.

Bien entendu, au delà de la lutte chimique contre cette maladie en AB, la réussite de la stratégie de chaque viticulteur passe également par la mise en place de l'ensemble des mesures prophylactiques. Celles-ci doivent être adaptées à chaque situation agronomique dans le but de répondre aux objectifs de production des appellations.

Introduction :

Le cuivre (**Cu**) est utilisé pour lutter contre le mildiou de la vigne, maladie dont les conséquences peuvent être désastreuses pour la récolte. La quantité de cuivre métal actuellement autorisée en Agriculture Biologique (AB) est de 6 kg/ha/an ou de 30 kg sur 5 ans et sera probablement réduite à 4 kg/ha/an dans les années à venir, sans lissage. Cette mesure rend moins efficace la protection de la vigne et donc plus délicate la maîtrise du mildiou.

Dans la région du **Bordelais**, le recours au cuivre est indispensable pour faire face aux attaques de mildiou qui peuvent être, selon les millésimes, très virulentes. Aussi, le nombre de traitements cupriques est très disparate d'une année sur l'autre. Pour exemple, on a relevé sur le millésime 2012, année à fort risque mildiou, un nombre moyen de 12 traitements variant entre 8 et 19 applications. La quantité de cuivre métal utilisée, quant à elle, se répartit de manière harmonieuse autour de 4 500 g/ha/an en moyenne, variant de 2 700 g à 6 230 g/ha/an. Ces quantités de cuivre appliquées, suffisantes pour une protection satisfaisante de la vigne, rentrent dans le cadre réglementaire actuel. Dans le cas où la réglementation deviendrait plus restrictive, la protection de la récolte en serait moins efficace. Cette mesure pourrait être un frein à la conversion en Agriculture Biologique.

Dans le vignoble du **Beaujolais**, le cuivre est généralement utilisé par les viticulteurs en AB à hauteur de 8 à 12 traitements par saison à cadence fixe. La protection anti-mildiou débute lorsque la plante arrive au stade "3-4 feuilles étalées" jusqu'à la veille de la véraison. En 2011, année à faible pression, 4 à 5 traitements en moyenne ont été appliqués. La quantité moyenne de cuivre métal était alors comprise entre 1 500 et 2 500 g (1 780 g/ha en moyenne), ce qui est très inférieur aux 6 000g/ha de la réglementation actuelle. L'année 2012 a été, en raison de nombreux aléas climatiques, une année à très forte pression parasitaire : 4 700g de cuivre métal ont été répandus par hectare, à raison de 10,2 traitements en moyenne. Cette quantité de cuivre métal, inférieure à la réglementation, n'a pas été suffisante pour garantir une quantité suffisante de récolte.

1. Matériel et Méthodes :

1.1. Modalités testées

Les essais mis en place par les Chambres d'Agriculture de la Gironde et du Rhône ont pour objectif d'étudier l'efficacité de différentes stratégies de traitements visant à lutter contre le mildiou. Celles-ci sont autorisées dans le cahier des charges en agriculture biologique (AB), compatibles avec la réglementation en cours et à venir et en cohérence avec les résultats attendus par les viticulteurs.

Le mildiou est un parasite de la vigne qui peut être très préjudiciable pour la récolte tant au niveau quantitatif que qualitatif. A ce sujet, sur feuilles, on connaît l'incidence qualitative sur la maturité de la récolte lorsque les défoliations que le mildiou mosaïque occasionne sont précoces et importantes. Un affaiblissement des réserves des ceps n'intervient qu'en cas de fortes attaques sur plusieurs années (*Delière et al. 2008*).

Le tableau n°1 compare les résultats obtenus à la récolte entre le témoin non traité et des modalités recevant des doses croissantes de cuivre métal (2 000 g : faible, 4 000 g : intermédiaire, 6000 g : forte).

Tableau 1 – Impact du mildiou sur les paramètres de récolte d'une vigne en AB (Beujolais 2010, 2012)

	Intensité moyenne en %	Poids moyen d'une grappe en g	Nombre moyen de grappes	Gain en rendement en hl/ha	% défoliation	Degré
Témoin non traité contre le mildiou	31,4	45	12,3	/	77	10,05
Dose faible	13,5	56	15,6	22,0	27	10,41
Dose intermédiaire	6,9	69	15,7	36,0	29	10,22
Dose forte	5,3	67	17,3	41,2	8	10,60

En 2009, une étude de la Chambre d'Agriculture de la Gironde a montré la nuisibilité du mildiou en faciès rot brun sur la qualité organoleptique des vins dans le Bordelais : **à partir de 5 % d'intensité d'attaque**, le caractère défectueux n'est pas encore perçu mais la qualité du vin se dégrade nettement, amenant un début de rejet pour les dégustateurs les plus sensibles (*Davidou et Crachereau. 2010*).

Selon les régions, les années, les objectifs précis de chacun, différentes stratégies sont testées. Elles peuvent être synthétisées de la façon suivante, dans le tableau n°2, ci-après :

Tableau 2 – Résumé des modalités mises en œuvre selon les années et les régions

	Bordelais				Beujolais	
	2009	2010	2011	2012	2010	2012
Doses fixes (DF), cadence fixe (CF)					X	X
Doses fixes (DF), cadence modulées (CM)	X					
Doses et cadences modulées (DCM)		X	X	X	X	X

DF, CF : doses fixes, cadence fixe - DF, CM : doses fixes, cadence modulées – DM, CM : doses et cadences modulées

- *Renouvellement des traitements :*

Deux types de renouvellement sont appliqués :

- un renouvellement régulier à **cadence fixe** (CF), en moyenne tous les dix jours (Beujolais).
- un renouvellement à **cadences modulées** (CM) où les périodes de traitements ne sont pas définies à l'avance. Le renouvellement des applications est fait en fonction de la croissance végétative de la vigne, de la pluviométrie et de l'humectation mais aussi de la pression parasitaire. Ainsi, dans les essais le renouvellement peut avoir lieu 3 jours après une application jusqu'à plus de 21 jours. Le principe est d'intervenir après le lessivage du dernier traitement et avant une pluie annoncée par les prévisions locales de MétéoFrance (Bordelais et Beujolais).

- Formes de cuivre :

Au delà du type de renouvellement des traitements, des produits commerciaux contenant des formes de cuivre différentes sont comparés entre eux. On retrouve un sulfate de cuivre (BB RSR), un oxyde cuivreux (NORDOX WG) et un hydroxyde de cuivre (HELIOCUIVRE, HC). Ils sont utilisés seuls ou en association (Chambre d'Agriculture de la Gironde).

- Doses de cuivre métal :

Selon les années et la pression parasitaire, les doses annuelles de cuivre utilisées peuvent varier. Pour une année donnée et entre les modalités, la dose réelle appliquée peut être légèrement différente à celle définie au départ, compte tenu des conditions d'application (pulvérisateur et applicateur). Pour ce qui concerne la dose apportée par application, elle est définie en fonction de la pression, du volume de végétation et du risque parasitaire.

1.2. Lieux et conditions d'expérimentations

Les essais sont réalisés dans des vignes conduites et certifiées en AB. Le dispositif expérimental repose sur la méthode CEB N°07 et concerne les essais menés en conditions naturelles sur *Plasmopara viticola*. Ces essais sont disposés en blocs de Fisher à 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 10 ou 13 souches selon la ligne des rangs. Un témoin non traité est inclus dans le dispositif.

En Beaujolais, des îlots contamineurs entre les répétitions sont présents et sont contaminés artificiellement en début de saison afin d'homogénéiser la pression de la maladie à l'ensemble de la parcelle expérimentale.

Tableau 3 – Caractéristiques des essais mis en place

Année	Bordelais				Beaujolais	
	2009	2010	2011	2012	2010	2012
Lieu	Lussac	Lussac	Lussac	Lussac	Châtillon d'Azergues	Bully
Cépages	Merlot	Merlot	Merlot	Merlot	Gamay	Gamay
Densité (pieds/ha)	5050	5050	5050	5050	8900	9250
Modalités mises en oeuvre	DF, CM	DCM	DCM	DCM	DF, CF DCM	DF, CF DCM
Doses totales de cuivre métal (en kg)	3,3	1,7 2,1 2,5	0,4 1,05	2,1 2,85	1,8 3,9/4,2 6,4	2,1 4,1/4,3 6,0
Nombre de modalités analysées	3	7	4	4	5	6
Nombre de traitements réalisés	11	6	4	9	10	10
Cadence minimum en jours	4	11	11	8	6	4
Cadence moyenne en jours	10	15	14	12	10	10
Cadence maximum en jours	12	19	16	20	16	21
Niveau d'attaque	Fort	Faible à modérée	Faible à modérée	Fort	Moyen	Fort

DF, CF : doses fixes, cadence fixe - DF, CM : doses fixes, cadence modulées – DM, CM : doses et cadences modulées

Les traitements sont réalisés avec un pulvérisateur pneumatique à dos (SOLO 450 pour le Beaujolais, STIHL 400 ou SR 420 A pour le Bordelais). Pour le Bordelais, les premiers traitements sont appliqués avec un pulvérisateur électrique à dos à jet projeté.

Le volume de bouillie appliqué varie selon le volume de végétation (de 100 à 200 L/ha).

Les essais sont protégés contre l'oïdium de la vigne (*Erysiphe necator*) et sont assurés avec du soufre mouillable ou poudre par les expérimentateurs ou les viticulteurs.

1.3. Notations

L'évaluation des dégâts ne se fait pas à des stades définis à l'avance. Les observations sont fréquentes, réalisées régulièrement, afin de saisir au moment opportun les attaques les plus visibles. Ainsi, au moment où **la majorité des feuilles est atteinte par la maladie**, 100 feuilles de même âge et de même niveau sont examinées individuellement sur l'ensemble des ceps à un niveau ayant bien reçu le traitement expérimental. On estime le nombre de feuilles atteintes (fréquence exprimée en %, **F**) et la proportion de surface foliaire couverte par la maladie (intensité exprimée en %, **I**).

La **chute des feuilles**, causée par le mildiou, est contrôlée à la **veille de la récolte** : on estime la proportion de feuilles tombées sur l'ensemble de la parcelle (défoliation exprimée en %, **D**).

Pour les observations des **grappes**, l'ensemble des essais s'est focalisé sur les résultats à la veille de la véraison. Aussi, 100 grappes consécutives par parcelle élémentaire sont examinées pour évaluer les dégâts de **rot-brun**, bien visibles à ce stade pour les cépages noirs. A l'instar des feuilles, on estime le nombre de grappes atteintes (fréquence exprimée en %, **F**) et la proportion des baies atteintes pour chaque grappe observée (intensité exprimée en, **I**).

1.4. Traitements des données

Les résultats sont analysés avec le logiciel de statistique Statbox et interprétés en fonction de la dynamique d'évolution du parasite. Le test de Newman & Keuls est réalisé au seuil de 5 %. Les efficacités sont exprimées en pourcentage par rapport au témoin non traité, selon la formule d'Abott.

2. Résultats et discussion :

2.1. Infestation des témoins

Malgré les contaminations artificielles réalisées sur la plupart des essais, nous notons une différence de pression parasitaire selon les millésimes. Nous retrouvons ainsi les 2 années extrêmes 2011 et 2012. En 2011, l'essai du Beaujolais a été abandonné car aucune re-contamination n'a pu se produire.

Tableau 4 – Niveau d'infestation des témoins non traités (sur feuilles et sur grappes)

Année		Bordelais				Beaujolais	
		2009	2010	2011	2012	2010	2012
Sur grappes	Dates	23/09	10/09	23/09	31/07	19/08	27/07
	Fréquence	87,9	33,3	0	96,5	69,0	89
	Intensité	44,1	8,2	0	45,1	12,3	50,0
Sur feuilles	Dates	23/09	10/09	23/09	06/09	24/08	11/07
	Fréquence	63	99,5	/	89	99	48
	Intensité	10,0	31,1	75,2	37,7	17,6	4,6
Défoliation en %	Dates	/	01/10	23/09	/	23/09	24/09
	Valeurs	/	70,0	74,9	/	66,3	87

Dans le Bordelais, le témoin est fortement attaqué sur feuilles en 2010 et 2012. Sur grappes, l'année 2012 (millésime à forte pression mildiou) a connu plus de dégâts que l'année 2010. L'année 2009 s'est révélée de pression moyenne, bien que les grappes connaissent de gros dégâts, tels qu'en 2012.

Dans le Beaujolais, le témoin est plus attaqué sur feuilles que dans la région bordelaise pour les deux années de tests mais l'attaque sur grappes est sensiblement la même dans les deux vignobles.

L'année climatique 2011 a été bénéfique pour les deux vignobles qui ont connu une très faible pression de la maladie en raison de l'absence générale de pluies.

2.2. Résultats des observations

Les tableaux suivants donnent le détail des résultats des observations finales réalisées sur feuilles et sur grappes en fonction des dates précisées dans le tableau 4.

Tableau 5 – Résultats sur feuilles (attaque exprimée en %)

	Bordelais								Beaujolais						
	2009		2010			2011		2012		2010			2012		
	F	I	F	I	D	I	D	F	I	F	I	D	F	I	D
CF, DF : BB (10 x 400g)										5,5	0,1	1	26	1,9	24
HC (10 x 400g)													34	2,5	44
CF, DF : BB (10 X 600 g)										1,8	0,03	3	26	1,9	14
CM, DF : BB (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	29	2,7													
HC (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	28	2,5													
DCM : BB (≤ 2 kg Cu/ha/an)			13,3	0,8	5,0	46,3	21			23	0,5	20	33	3,4	34
BB (≤ 4 kg Cu/ha/an)			13,5	0,4	3,5	20,0		58,0	15,1	0,5	0,02	3	31	3,1	26
BB (≤ 6 kg Cu/ha/an)							7								
HC (≤ 4 kg Cu/ha/an)			20,0	1,2	5,5	23,0	7	60,0	13,2						
NORDOX (≤ 4 kg Cu/ha/an)			16,5	0,8	4,5										
Association (≤ 4 kg Cu/ha/an)			16,1	1,2	7,3			61,0	15,0						

Tableau 6 – Résultats sur grappes (attaque exprimée en %)

	Bordelais						Beaujolais			
	2009		2010		2012		2010		2012	
	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I
CF, DF : 10 X 400 g : BB RSR							35	2,2	67	18,4
HC									61	19,8
CF, DF : 10 X 600 g : BB RSR							25	1,3	43	9,3
CM, DF :										
BB RSR (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	41	8,1								
HC (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	40	8,2								
DCM :										
BB (≤ 2 kg Cu/ha/an)			1,8	0,4			47	2,9	70	24,0
BB (≤ 4 kg Cu/ha/an)			2,5	0,4	61,0	16,0	37	2,2	46	11,6
BB (≤ 6 kg Cu/ha/an)										
HC (≤ 4 kg Cu/ha/an)			3,3	0,3	58,5	15,2				
NORDOX (≤ 4 kg Cu/ha/an)			3,3	0,9						
Association (≤ 4 kg Cu/ha/an)			3,6	0,4	50	10,6				

*DF, CF : doses fixes, cadence fixe - DF, CM : doses fixes, cadence modulées – DCM : doses et cadences modulées
F : Fréquence en % - I : Intensité en %*

2.3. Analyses des résultats

Au delà des résultats bruts, il est intéressant d'analyser ces résultats en comparant les efficacités des différentes stratégies. L'efficacité est calculée selon la formule d'Abott à partir de l'intensité de la modalité traitée en comparaison au témoin non traité. Le classement statistique est effectué à partir des valeurs de ces intensités.

Tableau 7 – Analyse des résultats sur feuilles (efficacité des stratégies exprimée en %)

	Bordelais				Beujolais	
	2009	2010	2011	2012	2010	2012
CF, DF : BB (10 x 400g) HC (10 x 400g)					99 % <i>b</i>	60 % <i>ns</i>
CF, DF : 10 X 600 g BB RSR					> 99 % <i>b</i>	60 % <i>ns</i>
CM, DF : BB RSR (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	73 % <i>ns</i>					
HC (2kg ≤Cu≤ 4kgCu/ha/an)	75 % <i>ns</i>					
DCM : BB (≤ 2 kg Cu/ha/an)		97 % <i>b</i>	38 % <i>b</i>		97 % <i>b</i>	27 % <i>ns</i>
BB (≤ 4 kg Cu/ha/an)		99 % <i>b</i>	73 % <i>c</i>	60 % <i>b</i>	> 99 % <i>b</i>	34 % <i>ns</i>
BB (≤ 6 kg Cu/ha/an)						
HC (≤ 4 kg Cu/ha/an)		96 % <i>b</i>	69 % <i>c</i>	65 % <i>b</i>		
NORDOX (≤ 4 kg Cu/ha/an)		97 % <i>b</i>				
Association (≤ 4 kg Cu/ha/an)		96 % <i>b</i>		60 % <i>b</i>		

Tableau 8 – Analyse des résultats de la chute des feuilles (efficacité des stratégies exprimée en %)

	Bordelais		Beujolais	
	2010	2011	2010	2012
CF, DF : BB (10 x 400g) HC (10 x 400g)			98 % <i>c</i>	72 % <i>c</i>
CF, DF : 10 X 600 g BB RSR			96 % <i>c</i>	84 % <i>c</i>
DCM : BB (≤ 2 kg Cu/ha/an)	93 % <i>b</i>	72 % <i>b</i>	70 % <i>b</i>	61 % <i>b</i>
BB (≤ 4 kg Cu/ha/an)	94 % <i>b</i>	91 % <i>c</i>	94 % <i>c</i>	70 % <i>c</i>
BB (≤ 6 kg Cu/ha/an)				
HC (≤ 4 kg Cu/ha/an)	92 % <i>b</i>	91 % <i>c</i>		
NORDOX (≤ 4 kg Cu/ha/an)	94 % <i>b</i>			
Association (≤ 4 kg Cu/ha/an)	90 % <i>b</i>			

Sur feuilles, nous notons donc, en moyenne :

- Pour les doses fixes à cadence fixe (**CF, DF**), la meilleure efficacité est obtenue lorsque la dose la plus forte est appliquée (6 000 g) notamment en cas de forte pression comme en 2012. Cette dose permet alors de maintenir un feuillage plus dense pendant une période plus longue. Nous notons aussi un résultat inférieur de L'HELIOCUIVRE en comparaison à la BB RSR. Néanmoins, il s'agit de résultats d'un seul essai.

- Pour les doses et cadences modulées (**DCM**), il existe très peu de différences entre les formes de cuivre utilisées pour une même dose appliquée. La différence réside dans la quantité de cuivre employée : pour une dose de cuivre métal inférieure ou égale à 2 kg/ha/an, en conditions de production, les efficacités obtenues sur feuilles ne sont pas acceptables (millésime 2011). Elles sont insatisfaisantes pour une dose de cuivre métal inférieure ou égale à 4 kg/ha/an en situation de forte pression (millésime 2012).

Tableau 9 – Analyse des résultats sur grappes (efficacité des stratégies exprimée en %)

	Bordelais			Beujolais	
	2009	2010	2012	2010	2012
CF, DF : BB (10 x 400g)				83 % <i>ns</i>	63 % <i>ns</i>
HC (10 x 400g)					60 % <i>ns</i>
CF, DF : 10 X 600 g BB RSR				90 % <i>ns</i>	81 % <i>ns</i>
CM, DF : (2kg≤Cu≤4kgCu/ha/an) BB RSR	82 % <i>b</i>				
HC	81 % <i>b</i>				
DCM : BB (≤ 2 kg Cu/ha/an)		95 % <i>b</i>		77 % <i>ns</i>	52 % <i>ns</i>
BB (≤ 4 kg Cu/ha/an)		95 % <i>b</i>	64 % <i>b</i>	83 % <i>ns</i>	77 % <i>ns</i>
BB (≤ 6 kg Cu/ha/an)					
HC (≤ 4 kg Cu/ha/an)		96 % <i>b</i>	66 % <i>b</i>		
NORDOX (≤ 4 kg Cu/ha/an)		89 % <i>b</i>			
Association (≤ 4 kg Cu/ha/an)		95 % <i>b</i>	77 % <i>b</i>		

Au regard des résultats sur grappes :

- Pour les doses fixes à cadence fixe (**CF, DF**), la dose annuelle la plus élevée donne d'excellents résultats. A dose égale, L'HELIOCUIVRE est équivalent à la BB RSR.

- Pour les doses et cadences modulées (**DCM**), il y a peu de différence entre les formes de cuivre employées, excepté pour l'oxyde cuivreux. En 2010, année à faible pression de mildiou sur grappes, l'oxyde cuivreux tend à montrer une baisse d'efficacité lorsqu'il est utilisé seul toute la saison. L'emploi de l'association de différentes formes de cuivre (BB + HC) montre une tendance positive en 2012 mais ces données restent à confirmer.

En Beaujolais, les doses basses (≤ 2 kg Cu/ha/an) montrent des efficacités insatisfaisantes. A doses égales (4 000 g), la modulation des doses et des cadences ont tendance à augmenter l'efficacité de la stratégie (notamment sur grappes en 2012 dans le Beaujolais).

Au final, en faisant la synthèse des résultats sur feuilles et sur grappes, nous notons que :

- Quelque soit la stratégie, lors d'une forte pression de la maladie, il est difficile d'obtenir un succès total dans la lutte contre le mildiou : des dégâts plus ou moins acceptables sont toujours observés.
- *La modulation des doses de cuivre et le pilotage des traitements est la stratégie incontournable pour optimiser les quantités de cuivre apportées au vignoble tout en conservant un état sanitaire satisfaisant.*
- *Pour l'application d'une même forme de cuivre toute la saison (sulfate ou hydroxyde), celle-ci n'est pas déterminante dans l'efficacité de la stratégie à cadence et doses modulées (DCM).*
- *L'association de différentes formes cupriques (sulfate + hydroxyde) témoigne d'une tendance positive en 2012 (CA33). Toutefois, ces travaux sont encore au stade d'acquisition de références et restent à confirmer.*

2.5. Proposition de raisonnement des applications de cuivre

Afin de protéger les vignes de la manière la plus adaptée, deux pistes de travail sont encourageantes :

- *Raisonnement ses apports de cuivre en fonction de son volume de végétation*

En **début de saison**, les quantités de cuivre sont adaptées au volume de végétation. Ainsi, les doses peuvent varier entre 100 et 200 g/ha. Elles augmentent progressivement pour atteindre 300 à 400 g jusqu'au stade 17 « boutons floraux séparés ».

Puis, lorsque la vigne est plus sensible et si les symptômes sont importants, du stade 17 au stade 31-33 « nouaison - fermeture de la grappe », la dose augmente et atteint 600 g afin de protéger au maximum la vigne pendant la phase de risque.

En **fin de saison**, les doses peuvent être réduites à 300 - 400 g. Les traitements doivent être renouvelés en suivant le développement de la vigne afin que les jeunes pousses soient également protégées avant les pluies. Toutefois, si la pression de la maladie est faible, ou que les pluies sont peu fréquentes, il est possible de stopper momentanément les traitements.

Pour une protection correcte de la vigne, avec cette modulation des doses, il est préconisé de **piloter les cadences** de traitement en fonction des **épisodes pluvieux**. Ainsi, les prévisions météorologiques doivent être suivies avec précision afin de renouveler ses traitements avant chaque pluie. Il est aussi fortement recommandé de posséder un pluviomètre afin d'évaluer la quantité d'eau tombée pour savoir si le cuivre a été lessivé (après 15-20 mm de pluie). Dans le cas d'un lessivage important, il est impératif de positionner le traitement avant la prochaine pluie.

Dans le Beaujolais, la pratique courante des vignerons bio est d'intervenir à cadence fixe. Aussi, les résultats obtenus avec la stratégie de modulation des doses de cuivre et du pilotage des traitements tendent à montrer un fort intérêt à mettre en œuvre cette stratégie. Ces résultats confirment ceux déjà obtenus dans le Bordelais.

- *Associer différentes formes de cuivre*

Dans le vignoble du Bordelais, l'association de différentes formes de cuivre témoigne d'une **tendance positive** dans la lutte contre le mildiou à condition d'utiliser les produits en fonction de leur spécificité. Cette stratégie emploie trois spécialités : de la BB RSR, de l'HELIOCUIVRE et du NORDOX. A chaque traitement, deux produits cupriques différents sont associés : BB + HC du premier traitement jusqu'au stade véraison. Sur la fin de programme, le NORDOX est associé à HC ou BB.

Chaque formulation a ses propres caractéristiques : les hydroxydes présentent une libération rapide du cuivre ; les bouillies bordelaises libèrent le cuivre un peu plus difficilement et enfin, l'oxyde cuivreux a une libération du cuivre beaucoup plus lente et sera plutôt utilisé sur la fin de saison.

Avant la floraison, si la situation est saine, les formes hydroxyde et sulfate sont associées à 50 % chacune. En présence de symptômes, l'hydroxyde seul est privilégié pour ses caractéristiques asséchantes.

Après la floraison, l'association du sulfate de cuivre et de l'hydroxyde de cuivre à 50 % chacun se poursuit. En cas d'orages et de fortes pluies, l'oxyde cuivreux peut être intégré. Il est alors conseillé d'associer les trois formes selon 1/3 d'oxyde cuivreux à 2/3 d'hydroxyde et/ou de sulfate de cuivre.

Il faut néanmoins utiliser une stratégie de **modulation des doses** et de renouvellement des cadences en fonction des **épisodes pluvieux**.

Cette piste reste encore à retravailler et devrait faire l'objet d'une poursuite d'expérimentation dans le Bordelais et d'un début de test en 2014 dans le Beaujolais.

2.4. Discussion

En fonction des conditions agro-climatiques de chaque vignoble et de leur conduite (densité, cépage...), l'attaque du mildiou est différente.

➤ Le climat :

La région bordelaise subit un climat plutôt **océanique** tandis que le Beaujolais, vignoble septentrional, connaît un climat subissant **plusieurs influences** (continentale, océanique, méditerranéenne). Le Bordelais est plus sujet aux attaques de mildiou et intègre donc une quantité plus importante de cuivre métal. **Les stratégies doivent donc être aussi adaptées en fonction du climat.**

➤ Le cépage :

Le cépage est également à prendre en considération. Les deux cépages sur lesquels les expérimentations sont mises en place n'ont pas les mêmes caractéristiques et réagissent de manière différente face à la maladie.

Dans le **Beaujolais**, le cépage sur lequel est réalisée l'expérimentation est du Gamay noir à jus blanc qui est le cépage majoritaire du vignoble : il est très sensible au mildiou. De plus, le mode de conduite en Beaujolais, avec des vignes très près du sol, est favorable au développement du mildiou. Les stratégies testées fonctionnant sur ce cépage ne fonctionneraient peut-être pas sur d'autres cépages du Beaujolais. Le cépage sur lequel l'expérimentation est testée dans le vignoble du **Bordelais** est le merlot, cépage principal planté en Gironde. Ce cépage, très vigoureux, est extrêmement sensible au mildiou.

➤ Le vignoble :

Les stratégies sont à choisir en considérant le type de vignoble. La modulation de la dose de cuivre à moins de 2 kg/ha/an dans le Bordelais a été extrêmement efficace en 2010, contrairement à la même modalité appliquée dans le Beaujolais où la fréquence et l'intensité d'attaque sur grappes a été beaucoup plus élevée.

En cas de faible à moyenne pression de la maladie, 2 kg/ha/an seraient suffisants dans le Bordelais alors que dans le Beaujolais, 4 kg/ha/an sont vraiment nécessaires. En effet, la conduite de la vigne en haute densité et très proche du sol rend la plante facilement réceptive à la maladie.

En revanche, **en cas de forte pression parasitaire**, 4 000 à 6 000 g/ha (voire plus certaines années telle que 2008), s'avèrent indispensables pour une protection optimale du vignoble dans le Bordelais. Le climat étant plus clément dans le Beaujolais 4 000 à 5 000 g/ha sont suffisants.

Actuellement, il existe peu de différence entre les différentes formes de cuivre dans le Bordelais. La modalité associant différentes formes cupriques n'a été testée que dans le vignoble de Bordeaux et l'expérimentation est encore au stade d'acquisition de références.

3. Conclusion :

Dans des **conditions de fortes pressions** et des attaques sans précédent comme 2012, il sera difficile de pouvoir respecter à la lettre la future réglementation sans perte quantitative et qualitative dommageable, notamment dans les régions les plus septentrionales ou dans celles dont le régime hydrique est important.

Dans une stratégie de traitement, la **mise en place de doses et de cadences modulées** offrent de très bonnes perspectives en terme de réduction d'emploi de doses annuelles de cuivre. Néanmoins, elle exige de la part des viticulteurs d'être à jour des différentes autres opérations au vignoble pour garder une bonne réactivité lors de l'arrivée d'un épisode pluvieux.

La forme de cuivre employée n'est pas déterminante dans la réussite de la stratégie. Le choix du viticulteur peut alors s'orienter sur des critères différents de la technique comme le prix de la spécialité, la facilité d'emploi et de compatibilité ou le classement toxicologique etc.

L'association des formes de cuivre dans la succession ou dans l'association des renouvellements semblent apporter un plus mais cela reste à re-travailler.

Parallèlement à ceci, le respect de la **mise en place de mesures prophylactiques** jouant un rôle sur la réceptivité du végétal (hauteur de tronc par exemple) et sa sensibilité (limitation de la vigueur par un raisonnement des apports azotés), le microclimat autour des ceps permettant aussi de réduire les doses annuelles de cuivre (enherbement, travaux en vert etc.), est essentiel pour gagner encore quelques centaines de grammes de cuivre annuels.