



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Présentation VitiVal

**Stratégie de screening, évaluation de l'efficacité et développement
de fongicides alternatifs contre les maladies de la vigne**

Pierre-Henri Dubuis
Sylvain Schnée

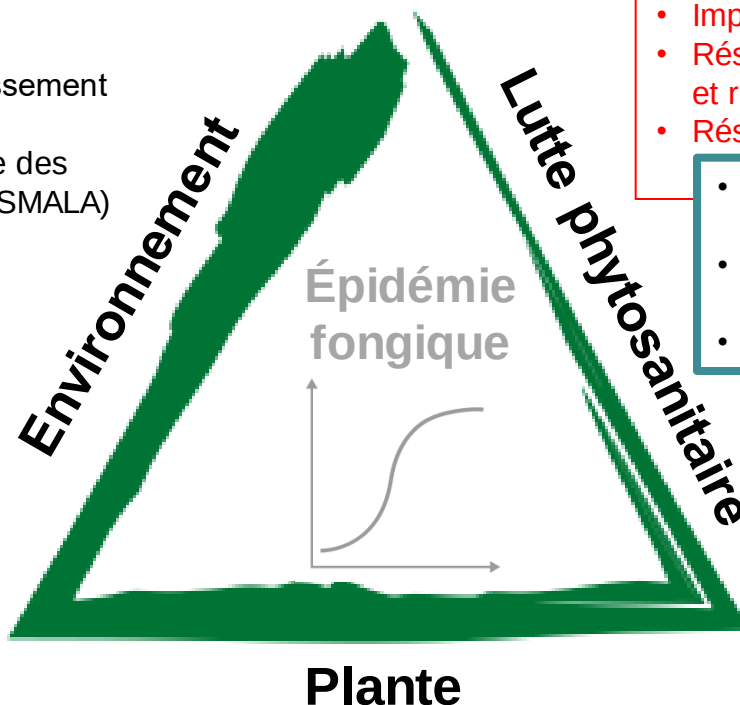
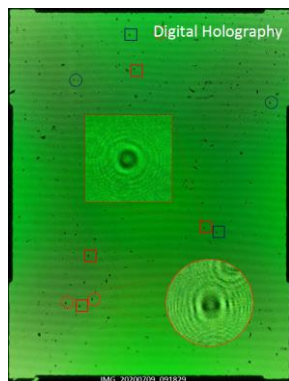
Agroscope, Groupe Mycologie, Domaine de recherche Protection des végétaux, CH-1260 Nyon; www.agroscope.ch



Approche phytopathologique



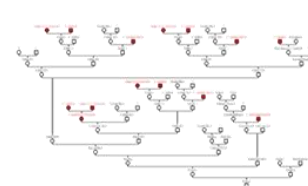
- Modélisation des séquences infectieuses et outils d'avertissement (Agrométéo)
- Reconnaissance automatisée des spores en temps réel (projet SMALA)



- Efficacité
- Impact environnemental
- Résidus sur les denrées alimentaires et risque toxicologique
- Résistance des populations

- Screening de nouveaux composés actifs
- Multisites / Nouveaux modes d'action
- Critères écotoxicologie/toxicologie

- Création variétale avec différents niveau de résistance
- Pyramidisation de QTL de résistance

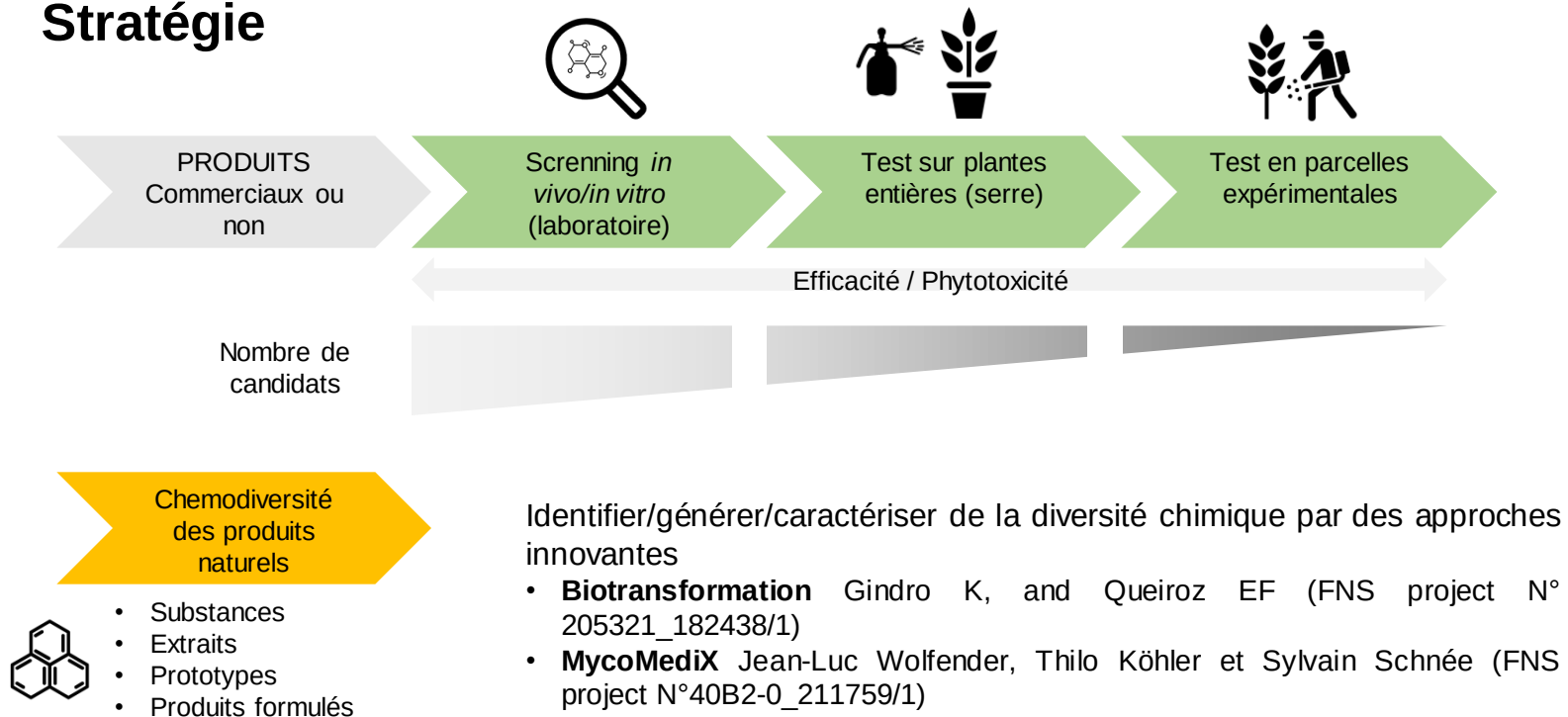




Objectifs

- Consciente de ce changement de paradigme, une part de la profession expérimente des solutions alternatives mais sans dispositif expérimental valide donc générant des données d'efficacité et de possibles effets secondaires biaisées → Générer des données validées scientifiquement et transférables
- 4 pathogènes étudiés : Mildiou PRIORITAIRE / pathogènes humains

Stratégie





Screening Black-Rot (Botrytis)

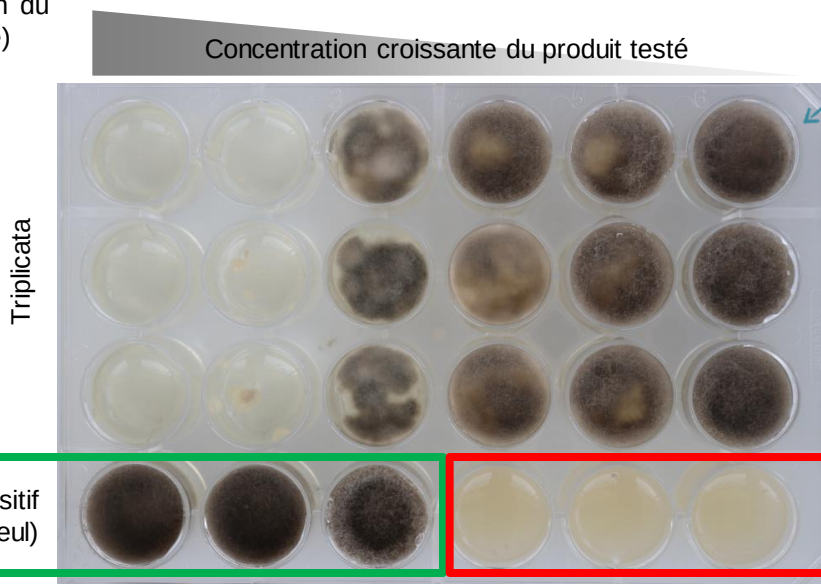
Objectif → Détermination de la **concentration minimale inhibitrice** (CMI)
6 concentrations testées, entourant la dose recommandée

Optimisation du biotest : polymorphisme + croissance 4-5 semaine → 1 semaine !



L'évaluation de la croissance fongique est réalisée à 7, 14 et 21 jours après inoculation (→ discrimination du fongistatisme et fongitoxicité)

B. cinerea : suspension de conidies
G. bidwellii : plug d'agar + mycélium



Contrôle négatif
(Fongicide homologué)

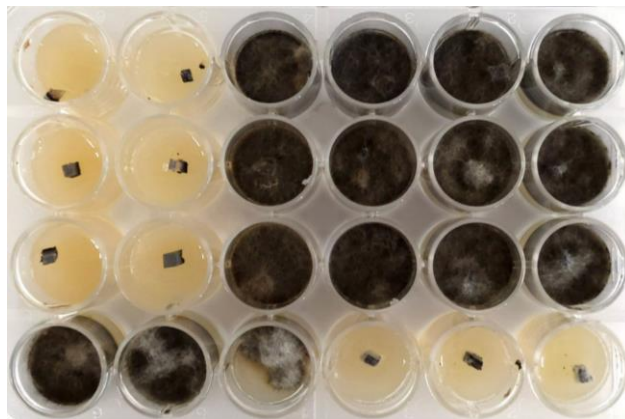


Screening Black-Rot (Botrytis)

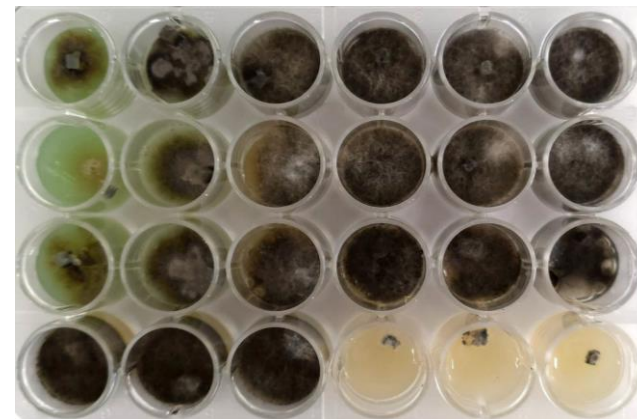
Produit alternatif	Composition	Gamme de concentrations testées	Concentration inhibitrice minimale		Remarques
			Black-Rot	Botrytis	
Yuccah Bac	Extrait de Yucca (<i>Y. schidigera</i>)	0.05 à 1%	> 1%	> 1%	Inactif aux concentrations testées
Antoférine	Extrait de bois de vigne	0.1 à 3%	1%	0.25%	Black-rot: croissance ralentie dès 0.25%
Tagatose	Sucre rare	0.1 à 2%	> 2%	> 2%	Inactif aux concentrations testées
Vinaigre de cidre		0.2 à 8%	4%	-	Formulation ?
2SCP-DG1		0.3 à 3%	1.2%	-	→ Essai au champ 2023 (Divico) / Laryxine

Produit homologué	Composition	Gamme de concentrations testées	Concentration inhibitrice minimale		Remarques
			Black-Rot	Botrytis	
Kocide Opti	Hydroxyde de cuivre (30%)	0.1 à 4N	> 4N		Croissance ralentie à partir de 2N
N : 75 g Cu métal pour 400l					
Thiovit Jet	Soufre mouillable (80%)	0.01 à 0.4N	> 0.4N		A retester
Kocide Opti + Thiovit Jet		0.1 à 4N	> 4N		Croissance ralentie à partir de 2N - A retester
Armicarb	Bicarbonate de potassium (85%)	0.1 à 4N	4N		Croissance ralentie à partir de 2N
(N = dose homologuée)					

Vinaigre de cidre



Kocide Opti





Screening *in vivo/in vitro* (laboratoire)



Pathogènes biotrophes : Mildiou et Oïdium

Objectif → Détermination de la **concentration efficace** préventive

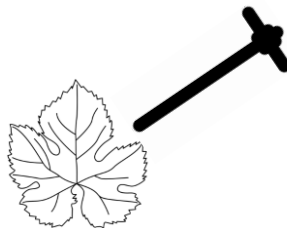
5 concentrations testées : 4N, 2N, N, $\frac{1}{2}$ N, 0.2N - Contrôles : eau / Kocide Opti



① Boutures de Cabernet-Sauvignon stade 10-15 feuilles

② Récolte de jeunes feuilles et passage à l'eau pour éliminer toutes traces de traitements

④ Mise en boîte aléatoire des disques



③ Elaboration de disques foliaires (Ø 1.8 cm)

⑤ Traitement à l'aide d'un robot sprayeur



⑧ Evaluation de la sévérité et des symptômes de phytotoxicité

⑦ Incubation 7 jours (22°C, photopériode naturelle)

⑥ Inoculation (1.10^5 sporanges.ml⁻¹) 24h après traitement

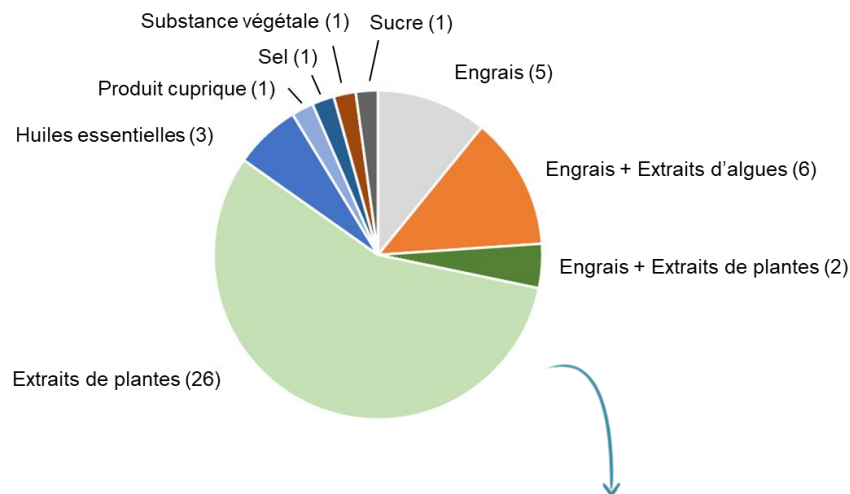


Screening Mildiou #1



Impact sécheresse 2022 sur la qualité des bois → boutures hétérogènes peu réceptives à l'infection mildiou au printemps 2023

→ 46 candidats évalués contre le mildiou (16 produits commerciaux)



Produit alternatif	Composition	Efficacité (%)	Dosage	Remarques
Yuccah Bac	Extrait de Yucca (<i>Y. schidigera</i>)	98	1%	
F-prime	Inconnue	100	4%	Produit Up'Ness
F-global	Inconnue	100	4%	
F-global (évolution)	Inconnue	99	1.5%	
Antoférine_2023	Extrait de bois de vigne	100	0.3%	
Tagatose	Sucre rare	93	4%	3% (Mochizuki et al., 2020)
Arvento	Extrait de prêle	0	4N	Absence d'induction de
Salicor	Extrait d'écorce de saule osier	0	4N	réactions de défense

Candidats en prévision

- Lait frais écrémé
- Lysat d'amibe
- Microorganismes
- Novochizol
- ...



Screening Mildiou #2

	French name	Latin name	Plant part	Known antifungal activity on target of interest	Known extract compounds
Espèces végétales sélectionnées	Ail commun	<i>Allium sativum</i>	Bulbe	<i>Alternaria solani</i> , <i>Phytophthora infestans</i> (Mugao, 2020) <i>Cercospora</i> spp. (Hossain, 2013)	ajoene, allicin , thiosulfates , saponin, flavonoids , quercetin, myricetin, isorhamnetin
	Betterave	<i>Beta vulgaris</i>	Racine	<i>Alternaria alternata</i> (Youssef, 2021) <i>Phytophthora infestans</i> (Yanar, 2011)	betalains , 1-dodecanamine , n,n-dimethyl , hexadecanoic acid-methyl ester (synonym: palmitic acid, methyl ester), 9-octadecenoic acid (Z)-methyl ester, 9-octadecenoic acid (Z), 9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-methyl ester, n-hexadecanoic acid, 9-octadecenoic acid (Z)-2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester, octadecanoic acid, methyl ester (synonym: methyl stearate), benzyl chloride
	Bourdaïne	<i>Frangula alnus</i>	Écorce	<i>Phytophthora infestans</i> (Krebs et al., 2006)	anthraquinones , frangulin, emodin , flavonoids, spathulenol, caryophyllene oxide, geranial, p-coumaric acid, rosmarinic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, quercitrin, rutoside, quercetin, trifolin
	Chardon bénit	<i>Celestium</i>			
	Curcuma	<i>Curcuma</i>			
	Eucalyptus	<i>Eucalyptus</i>			
	Gingembre	<i>Zingiber</i>			
	Houblon	<i>Humulus</i>			
	Laurier	<i>Laurus</i>			
	Lavande	<i>Lavandula</i>			
	Menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>			
	Millepertuis perforé	<i>Hypericum perforatum</i>	Herbe	<i>Alternaria alternata</i> (Fenner, 2005; Maskovic, 2011), <i>Phytophthora infestans</i> (Yanar, 2011)	
	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Feuille	<i>Cercospora beticola</i> (Sehsah, 2022)	
	Ortie	<i>Urtica dioica</i>	Feuille	<i>Alternaria alternata</i> (Hadizadeh et al., 2009)	
	Prêle des champs	<i>Equisetum arvense</i>	Herbe	<i>Phytophthora infestans</i> (Rogozhin, 2020)	ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase, aquaporins, chitinase
	Réglisse	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Racine	<i>Phytophthora infestans</i> (Yanar, 2011; Hermann 2022)	glycyrrhizin, flavonoids, tilbenoids
	Rhubarbe chinoise	<i>Rheum chinensis</i>	Racine	<i>Phytophthora infestans</i> (Krebs, 2006; Stephan, 2005)	
	Romarin	<i>Salvia rosmarinus</i>	Feuille	<i>Phytophthora infestans</i> (Soylu, 2006)	
	Sauge trilobée	<i>Salvia triloba</i>	Feuille	<i>Alternaria solani</i> (Yanar, 2011) <i>Phytophthora infestans</i> (Blaeser, 1998; Yanar, 2011)	
	Thym serpolet	<i>Thymus serpyllum</i>	Herbe	<i>Phytophthora infestans</i> (Soylu, 2006)	

Efficacité contre *P. infestans* (in vitro)

- Curcuma, lavande, laurier, bourdaïne (extrait aqueux)
- Houblon, sauge (extrait méthanolique)



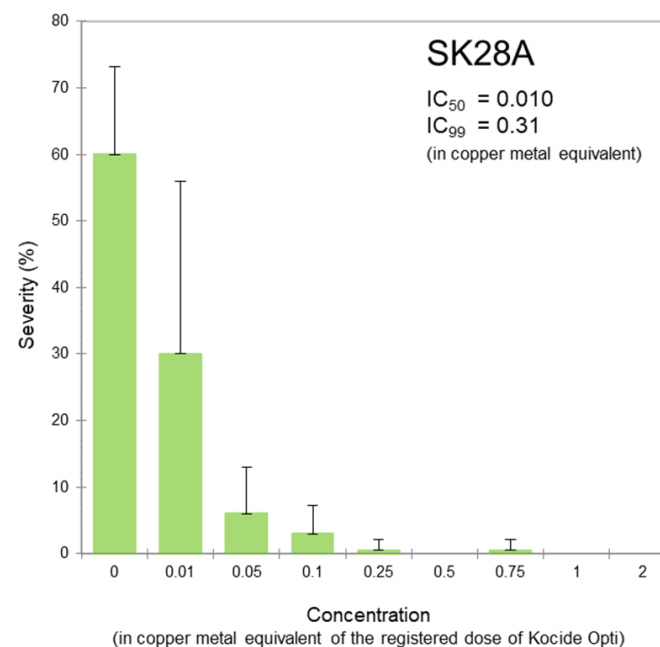
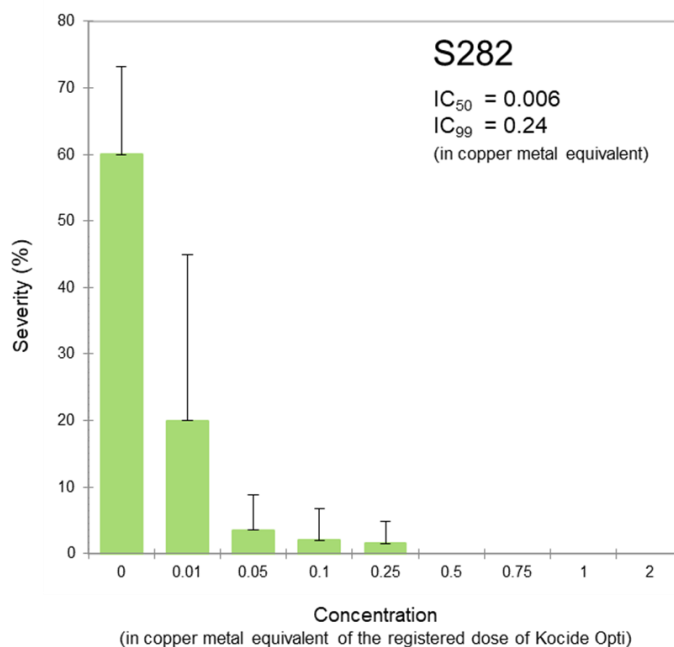
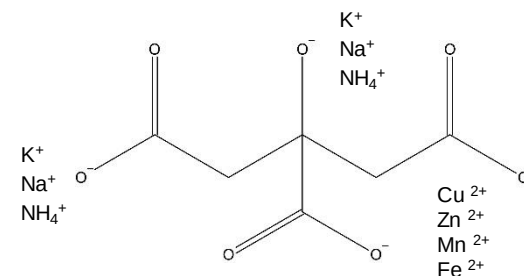
Screening Mildiou #3

Cocits : composition solide d'un précurseur soluble fongicide à base de métal (Cu, Zn, Mn...) + source de fertilisants/oligoéléments

Squelette : citrate ou silicate

Prototypes testés *in vivo* :

- #29 en 2022
- #46 en 2023





Essai en parcelle expérimentale (2023) - Mildiou



Dispositif expérimental Changins

N° cep \ Ligne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62	6a	7a	3b	11b	4c	10c	1d	9d	Ligne tampon : Référence biologique	Programme conventionnel (Viticulture)
51	5a	8a	1b	9b	2c	12c	5d	7d		
50	4a	9a	5b	12b	6c	8c	2d	11d		
41	3a	10a	2b	7b	1c	11c	6d	12d		
40	2a	11a	6b	8b	3c	9c	4d	10d		
31	1a	12a	4b	10b	5c	7c	3d	8d		
30										
21										
20										
11										
10										
1										

Modalités

- TNT
 - Référence Biologique
 - Référence Fongicides conventionnels
 - * Phyllosphère_bactérie antiPv
 - * Phyllosphère_complexe 3 bactéries
 - Tagatose
 - SwissVitalHerbs (extrait de plantes)
 - Nanoparticules de silicates
 - Antoférine
 - Agrosustain
 - Citrate de cuivre 750B (16.7% Cu)
 - * Silicate de cuivre SK28B (13.14% Cu)
 - * Silicate de cuivre S282B (22.34% Cu)
- * Modalités répétées à Leytron (VS)

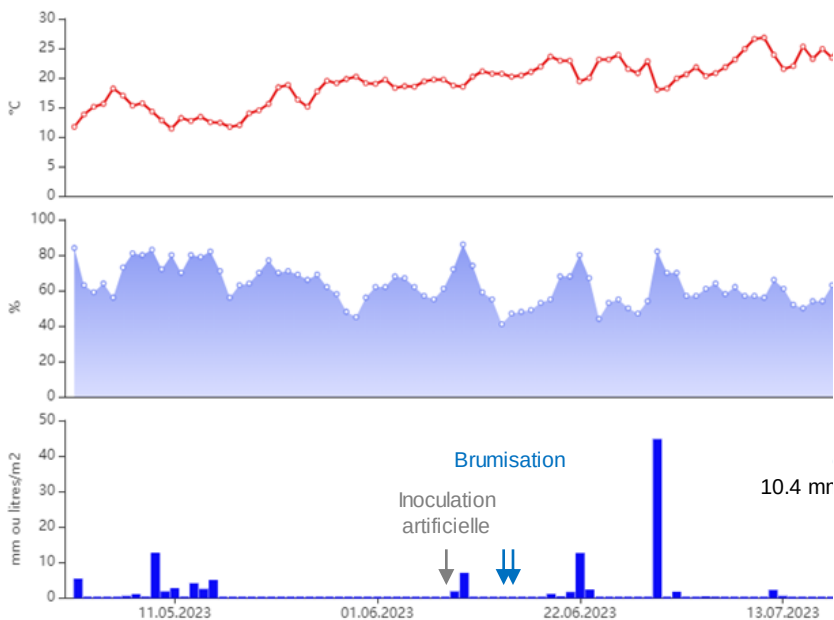
Essais externalisés

- 8 essais sur le mildiou de la vigne avec les produits SK28B et S282B avec des variations de dosages entre **50** et **400** g de Cu métal/application



Essai en parcelle expérimentale

Application	Date	Intervalle (jours)	Stade phénologique (BBCH)	Volume de bouillie (l.ha ⁻¹)	Cocits	Organic reference
1	20.mai		55	200		
2	30.mai	10	57	250	750B :	
3	06.juin	7	59	300	4.49 g/l	
4	13.juin	7	63	350		
5	20.juin	7	69	400		Kocide Opti
6	27.juin	7	73	400	SK28B :	(0.0625%) +
7	04.juil	7	75	400	5.71 g/l	Thiovit Jet
8	11.juil	7	75	400		(0.2%)
9	18.juil	7	77	400	S282B :	
10	26.juil	8	77	400	3.36 g/l	
11	10.août	15	81	400		





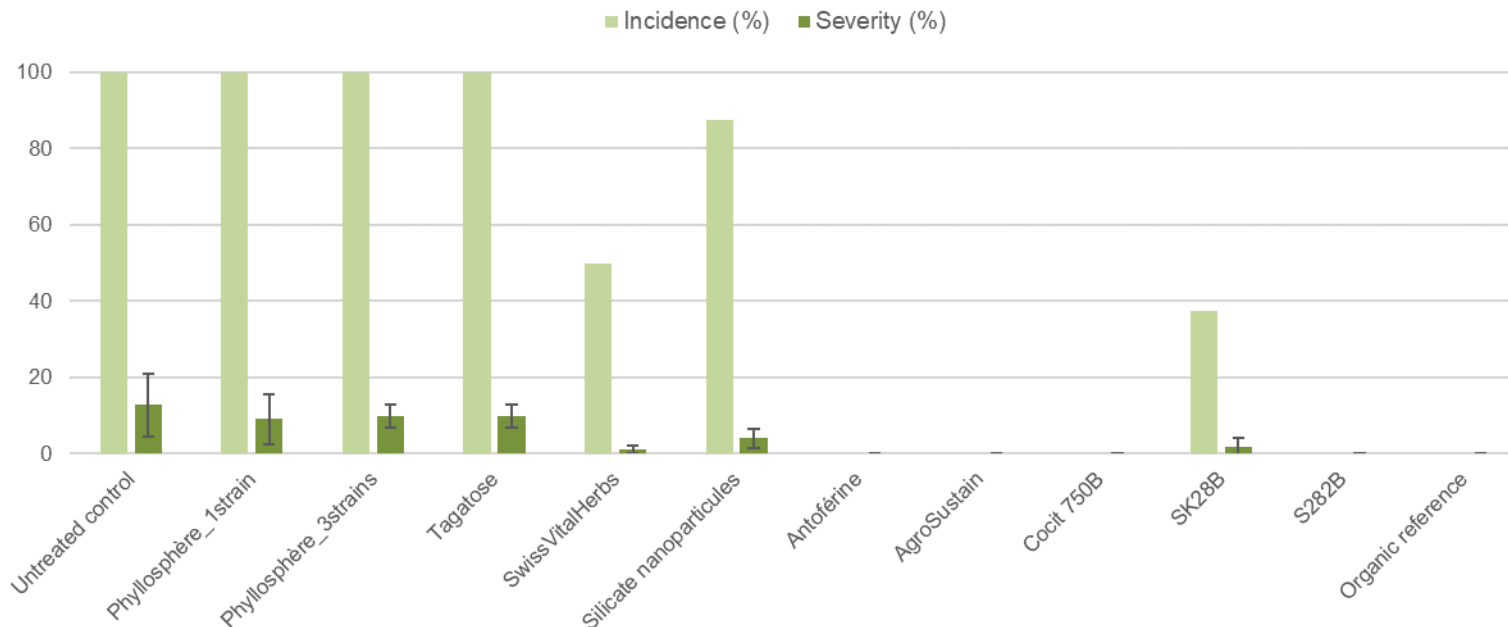
Essai en parcelle expérimentale (2023) - Mildiou

Inoculation artificielle
(8 juin)



Notation (19 juin)

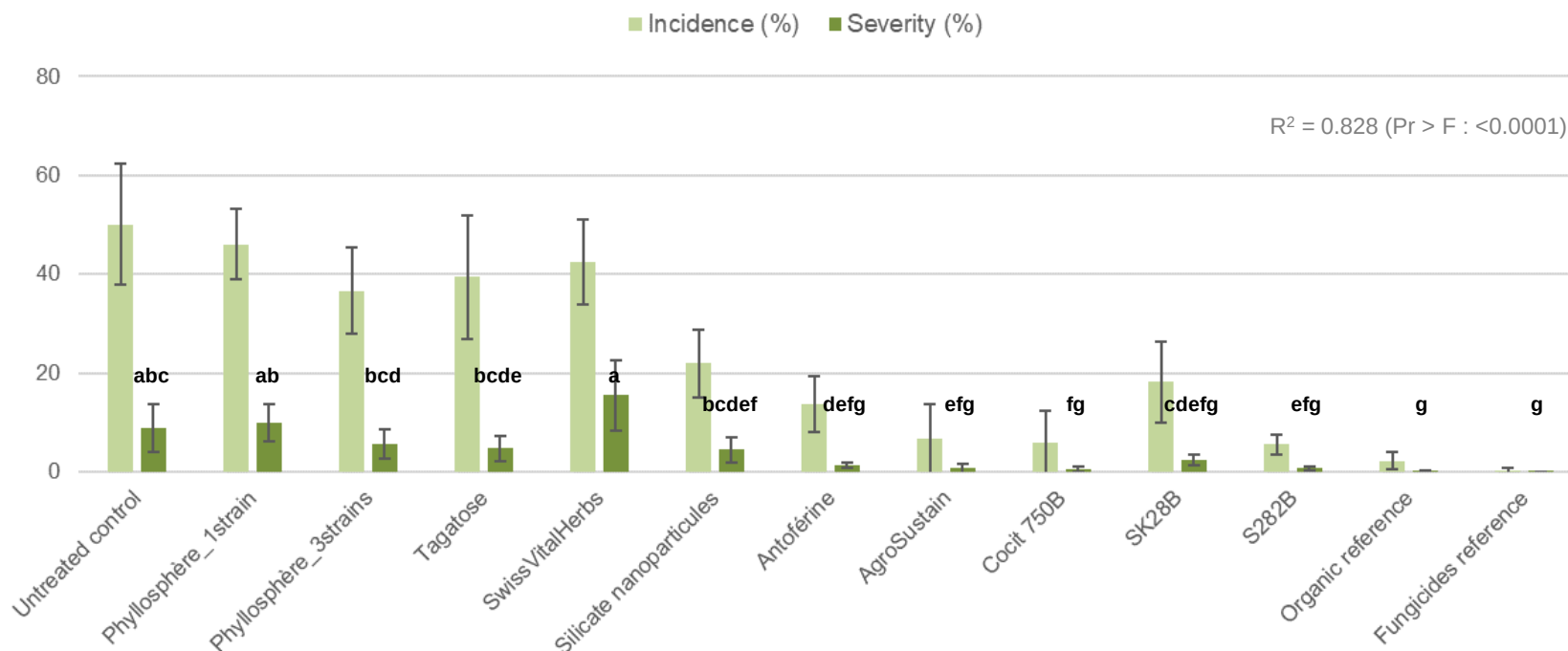
- Inoculation d'une jeune feuille sur 2 ceps (n°3 et 7) par bloc
- >5000 sporanges déposés par zone (Ø 2 cm)
- Ensachage des feuilles inoculées (24h)
- Marquage des feuilles
- Brumisation 2 nuits consécutives (14 et 15 juin, 21h-2h) via un drone DJI Agras T30 équipé de buses anti-dérive (1000 l)





Evaluation de fongicides alternatifs (2023) - Mildiou

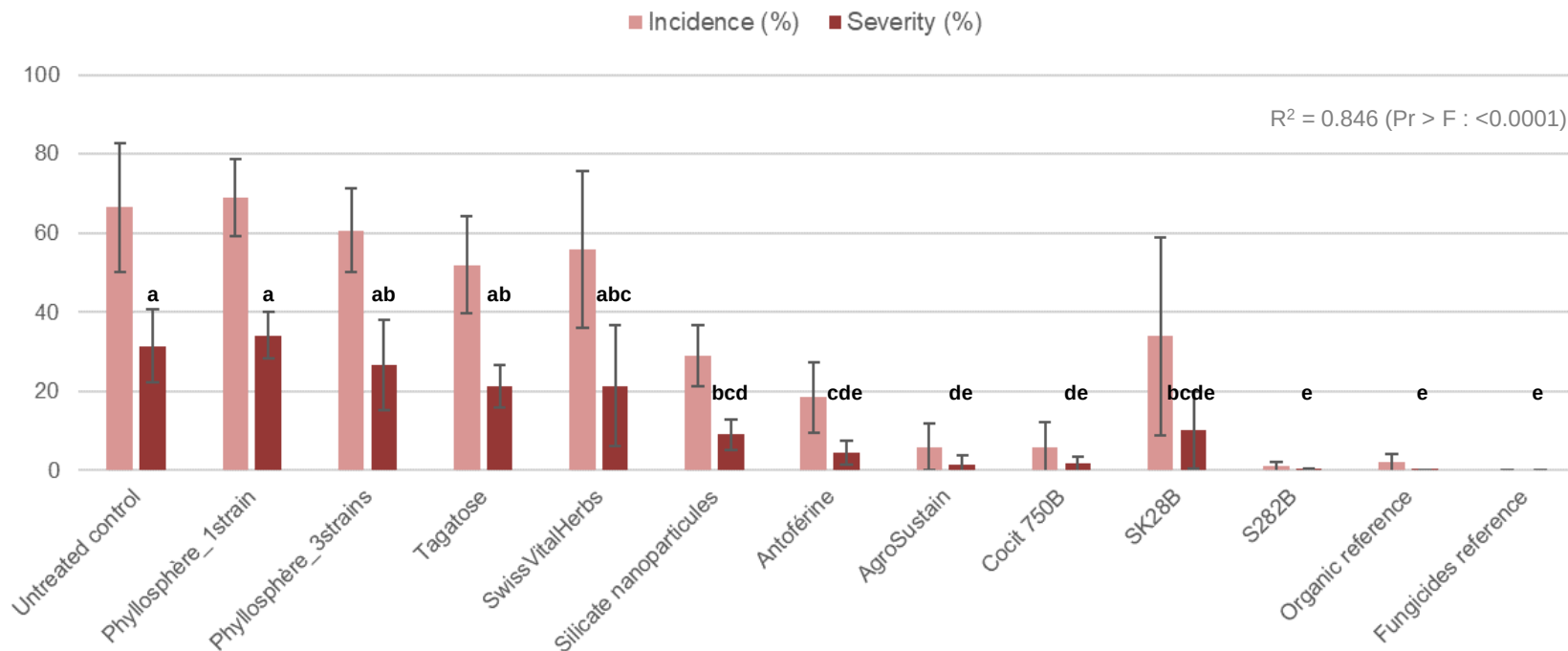
Sévérité sur **feuilles** dans le témoin non traité : **8.9%**





Evaluation de fongicides alternatifs (2023) - Mildiou

Sévérité sur **grappes** dans le témoin non traité : **31.5%**



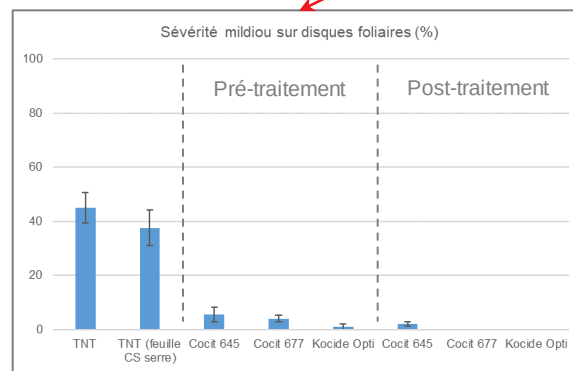
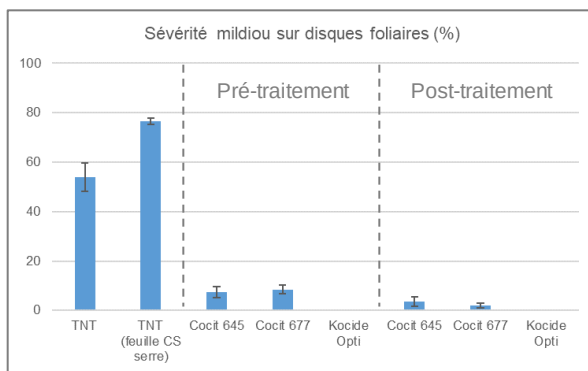
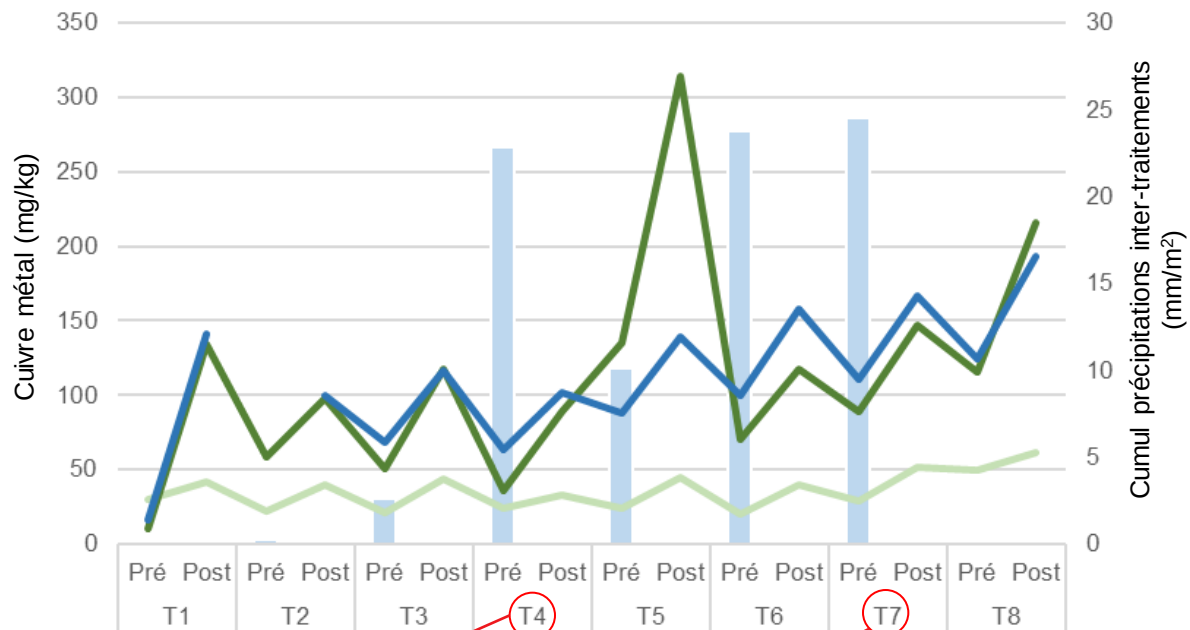
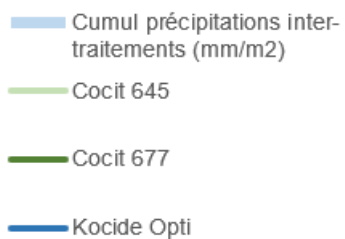


Analyse des résidus (données 2022)

Cocit 677 28.16% Cu

Cocit 645 9.86% Cu +
20.29% Zn

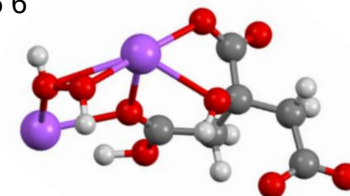
Kocide Opti 30% Cu





Anti-oïdium : 2SCP

- Structure **crystalline** : disodium citrate perhydrate ($\text{Na}_2\text{H C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$) → **2SCP**
- Cristal enregistré dans la base de données du Chemical Abstract Service : CAS 220 4248 66 6
- **Brevet** déposé
- Très bonne **solubilité** dans de l'eau > 800 g/l
- Poudre stable chimiquement
- **Biosourcé**
- **0 résidus** sur les produits agricoles traités
- Activité **biocide** (supposée) due à un effet synergique entre H_2O_2 et un acide faible (acide citrique)



Essai 2022

Lieu : Pully

Cépage : Chardonnay

Application : atomiseur, sur chaque face de chaque ligne

Produit(s) testé(s) :

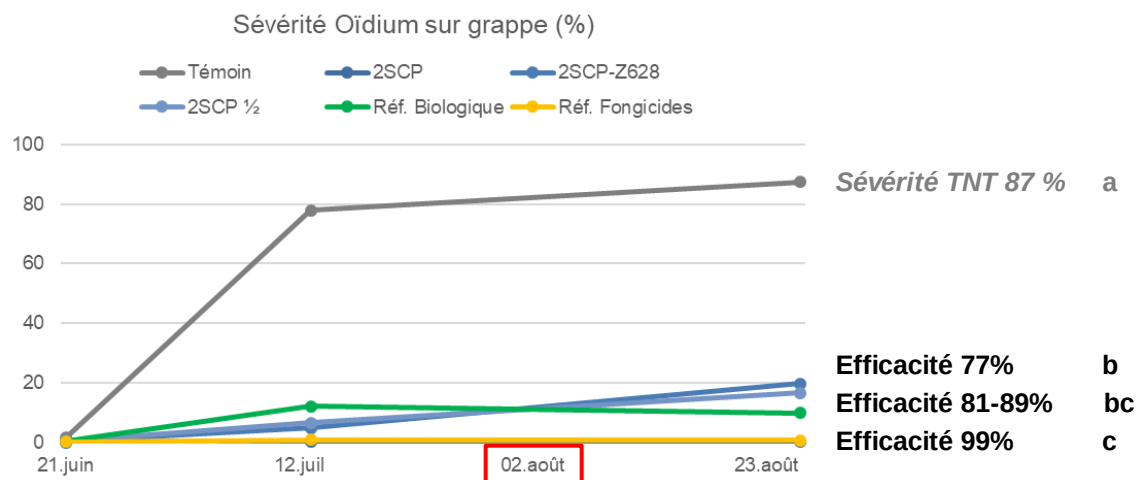
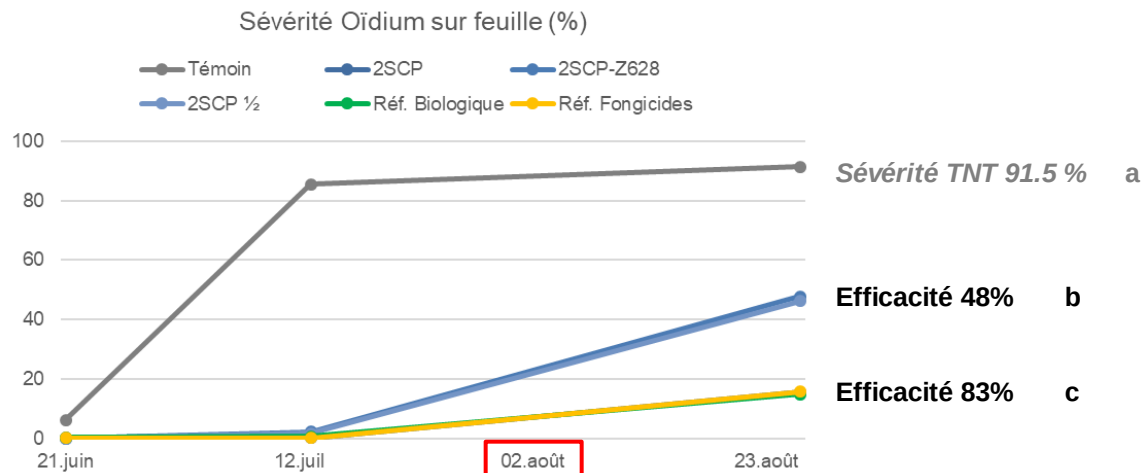
- **2SCP-DG1**: dosage 30 g.l⁻¹
- **2SCP-DG1 demi-dose** : dosage 15 g.l⁻¹
- 2SCP-DG1/Z628 : dosage 20 g.l⁻¹ (15 g.l⁻¹ + 5 g.l⁻¹)

N° application	Date	Stade phénologique (BBCH)	Volume bouillie (l.ha ⁻¹)	Cocits	Référence biologique	Intervalle (jours)	Programme fongicides conventionnels	Fongicides "mildiou"	Fongicides "oïdium"	Intervalle (jours)
1	13-mai	53	200				1	Folpet (0.0125%)	Thiovit Jet (0.4%)	
2	23-mai	61	300			10	2	Ridomil vino (0.225%)	Thiovit Jet (0.4%)	10
3	31-mai	65	350			8	3	Mildicut (0.25%)	Rondo Sky (0.0095%)	8
4	7-juin	69	400	2SCP 30 g.l ⁻¹		7	4	Dominator (0.4%)	Vivando (0.02%)	7
5	13-juin	71	400			6				
6	21-juin	73	400	2SCP 15 g.l ⁻¹	Kocide Opti (0.0625%) +	8	5	Mildicut (0.25%)	Thiovit Jet (0.2%) + Armicarb (0.2%)	14
7	29-juin	75-77	450		Thiovit Jet	8				
8	6-juil.	79	450	2SCP/Z628	(0.4%)	7	6	Amaline Flow (0.175%)	Thiovit Jet (0.2%) + Armicarb (0.2%)	15
9	13-juil.	79	450	20 g.l ⁻¹		7				
10	20-juil.	81	450			7	7	Amaline Flow (0.175%)	Thiovit Jet (0.2%) + Armicarb (0.2%)	14
11	26-juil.	83	450			6				
12	3-août	85	450			8	8	Bouillie Bordelaise (0.25%)	Thiovit Jet (0.2%) + Armicarb (0.2%)	14



Evaluation de fongicides alternatifs (2022) - Oïdium

Dernier traitement : 3 août
Dernière évaluation : 26 août





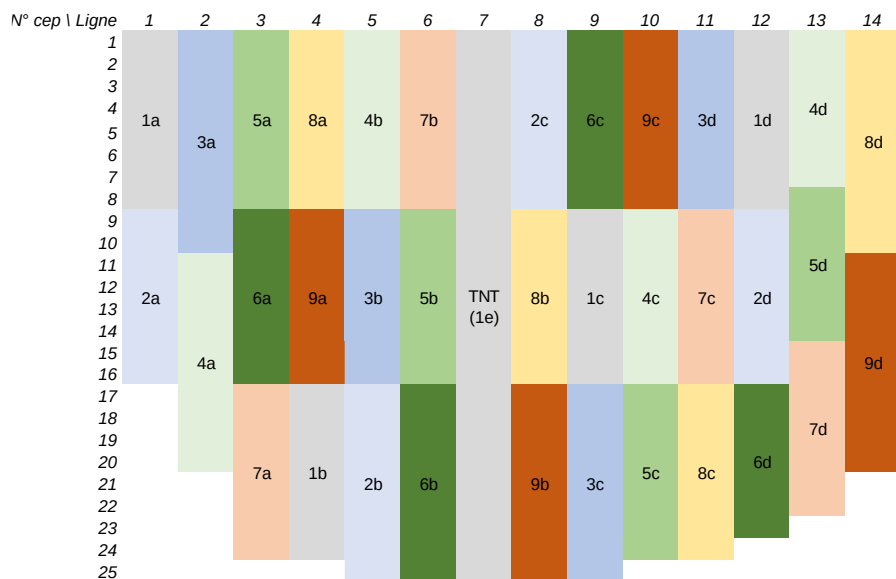
Anti-oïdium : 2SCP – design expérimental 2023

Modalités (site de Pully)

- TNT
- Référence Biologique
- Référence Fongicides conventionnels
- **2SCP-DG1_30g/l**
- 2SCP-DG1_22.5g/l → Optimisation du dosage efficace
- 2SCP-DG1_30g/l_intervalle → Rémanence
- 2SCP_30g/l → Impact du co-formulant
- DiSodium Citrate Sesquihydrate → Contribution H₂O₂ dans l'activité de la molécule
- Seican

Essais externalisés

- 2 essais sur oïdium de la vigne
- 3 essais sur oïdium du pommier
- 2 essais sur cultures maraichères



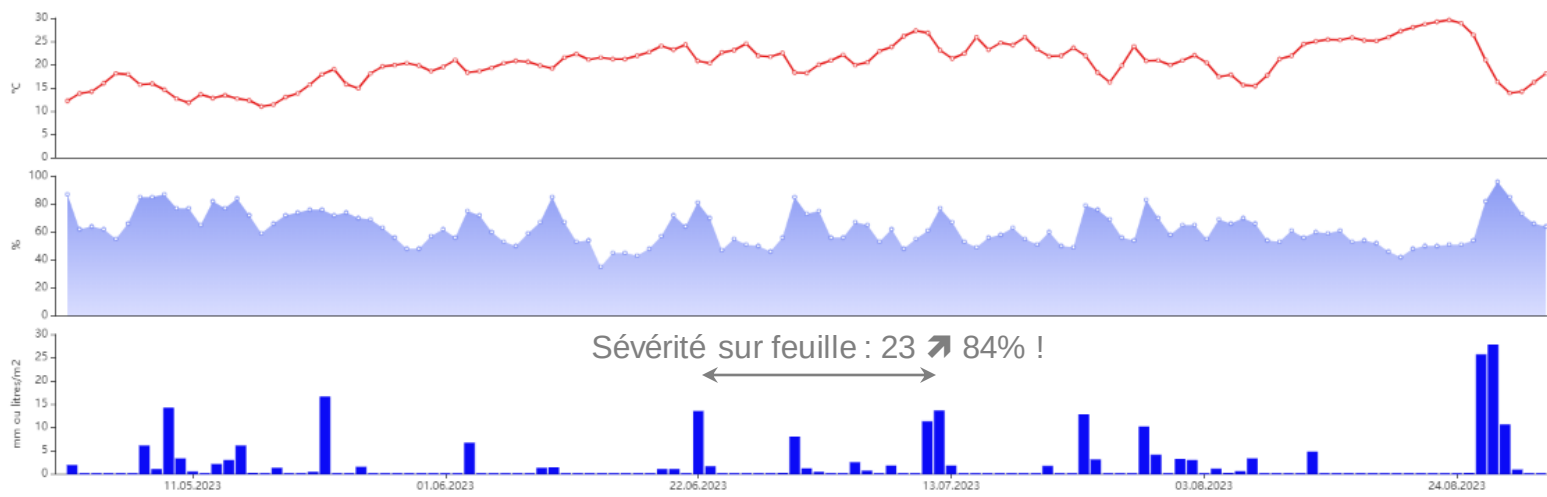
→ Consolidation des résultats

Année	Sévérité (%)	Efficacité (%)	
	Témoin non traité	2SCP	Références fongicides
2017	95	46-55	66
2018	20-69	99	97-100
2019	11-75	9-98	76-98
2020	72-90	93-99	85-100
2021	8-100	90-100	100
2022	87	100	89-99



Essai en parcelle expérimentale (2023) - oïdium

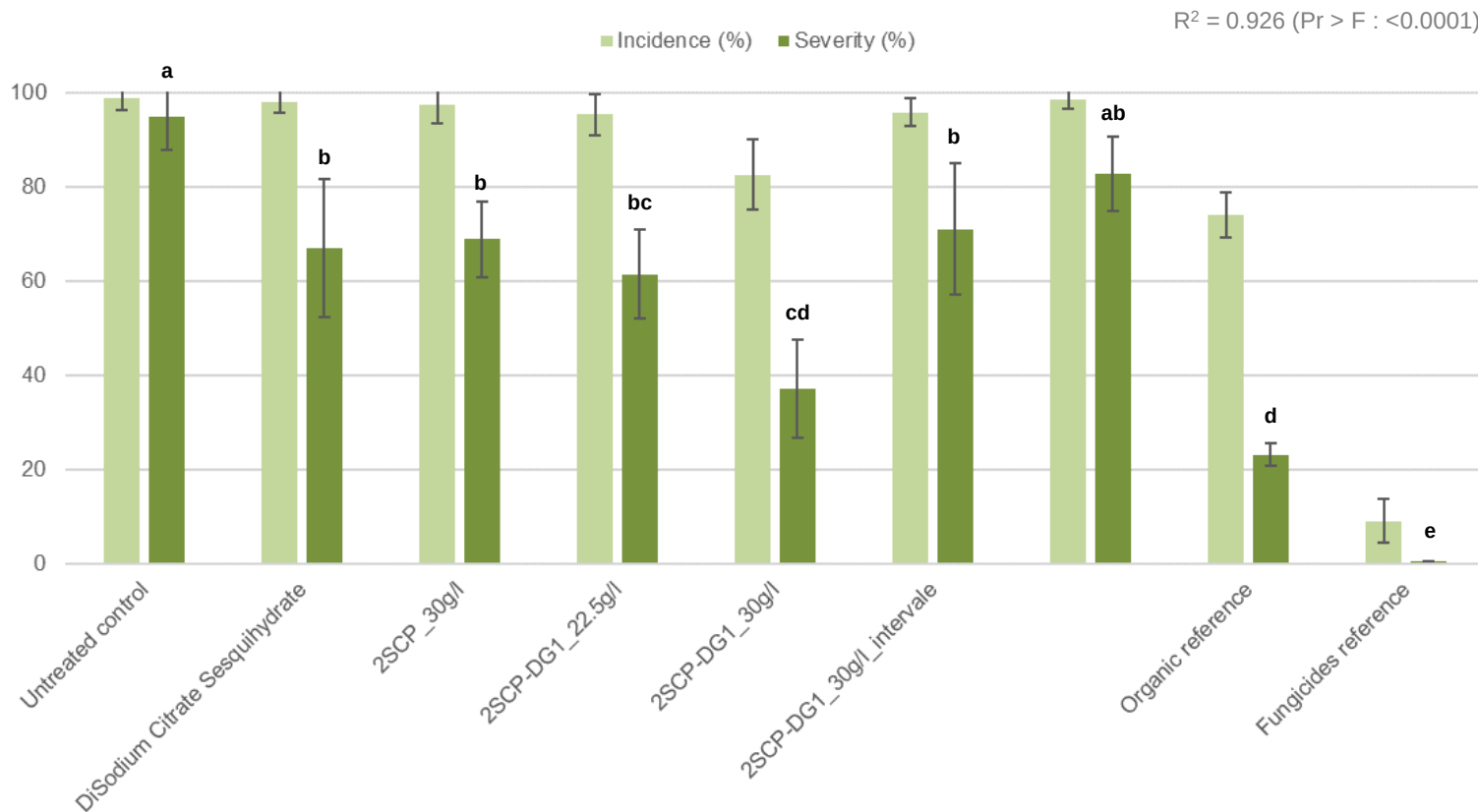
Application	Date	Intervalle (jours)	Stade phénologique (BBCH)	Volume de bouillie (l.ha ⁻¹)	Anti-mildiou associé	Référence biologique	Programme fongicides	Intervalle (jours)	Anti-Oïdium	Anti-Mildiou
1	20.mai		57	200	Folpet	Kocide Opti (0.0625%) + Thiovit Jet (0.4%)	1		Thiovit jet	Ridomil vino
2	31.mai	11	59	300	Folpet		2	11	Rondo Sky	Ridomil vino
3	07.juin	7	61	350	Folpet		3	7	Vivando	Mildicut
4	14.juin	7	65	400	Folpet					
5	21.juin	7	71	450			4	14	Rondo Sky	Dominator
6	28.juin	7	73	450	Folpet	Kocide Opti (0.0625%) + Thiovit Jet (0.2%) + Armicarb (0.2%)				
7	04.juil	6	75	450	Folpet		5	13	Thiovit Jet/Armcarb	Mildicut
8	12.juil	8	77	450						
9	19.juil	7	79	450			6	15	Thiovit Jet/Armcarb	Amaline flow
10	26.juil	7	79	450	Folpet					
11	02.août	7	81	450			7	14	Thiovit Jet/Armcarb	Amaline flow
12	09.août	7	83	450						





Evaluation de fongicides alternatifs (2023) - Oïdium

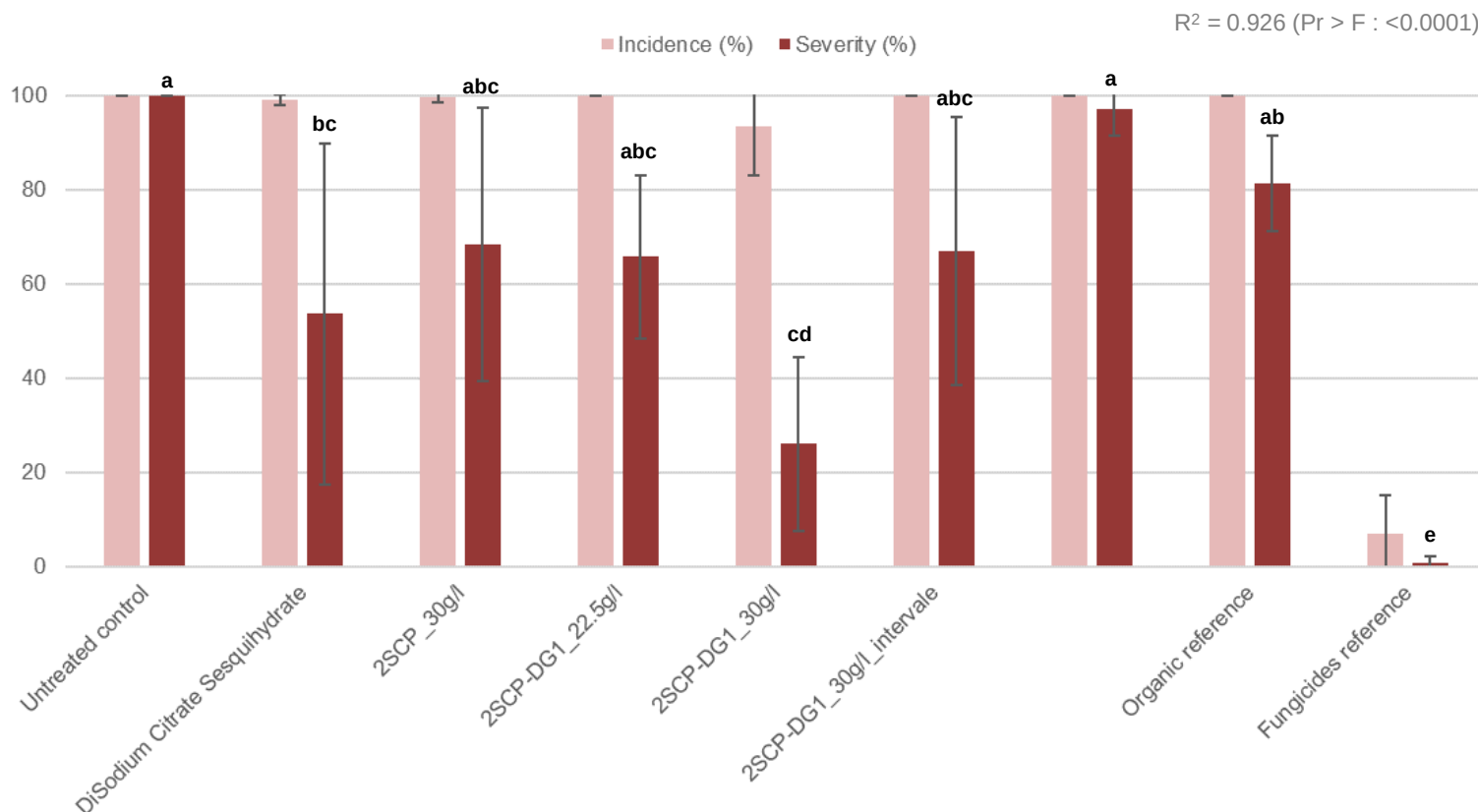
Sévérité sur **feuilles** dans le témoin non traité : **94.7%**





Evaluation de fongicides alternatifs (2023) - Oïdium

Sévérité sur **grappes** dans le témoin non traité : **100%**





Analyse en parcelles expérimentales



Mesures de résidus

Via le développement du parc analytique du laboratoire : matières actives (LC-MS), métaux (MP-AES) + collaboration HES-Changins

Evaluation d'effets secondaires indésirables - Ecotoxicologie

- Suivi de la population d'insectes auxiliaires (*Typhlodormus pyri*)
(Groupe d'entomologie)
- Impacts fonctionnels sur des microalgues (inhibition de l'activité photosynthétique)
(Laboratoire ECOVEA)

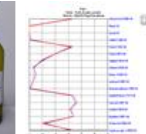
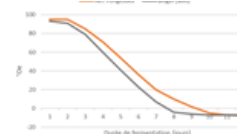


INRAE



Incidence sur le processus de transformation des produits agricoles traités

- Suivi de la fermentation et du processus de vinification
(Groupe d'oenologie)
- Projet **BIODIFERM** (objectif de préservation de la microflore bactérienne et levurienne spontanée associée à la notion de terroir)
 - biodiversité des microorganismes
 - fermentescibilité des moûts
 - formation de métabolites indésirables





Conclusion & Perspectives

Identifier des substances/extraits fongicides

Efficacité
comparable aux références



Absence de
phytotoxocité

LEAD



- **Large spectre** d'activité
- Mode d'action n'induisant **pas de résistance**
- **Absence de résidus** sur les produits agricoles traités
- Pas d'impact sur les **organismes utiles**

Partenariats

