



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

**Agroscope**

# **Situation mildiou en 2024 : rappels sur la biologie, modélisation et perspectives**

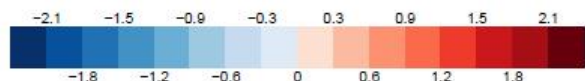
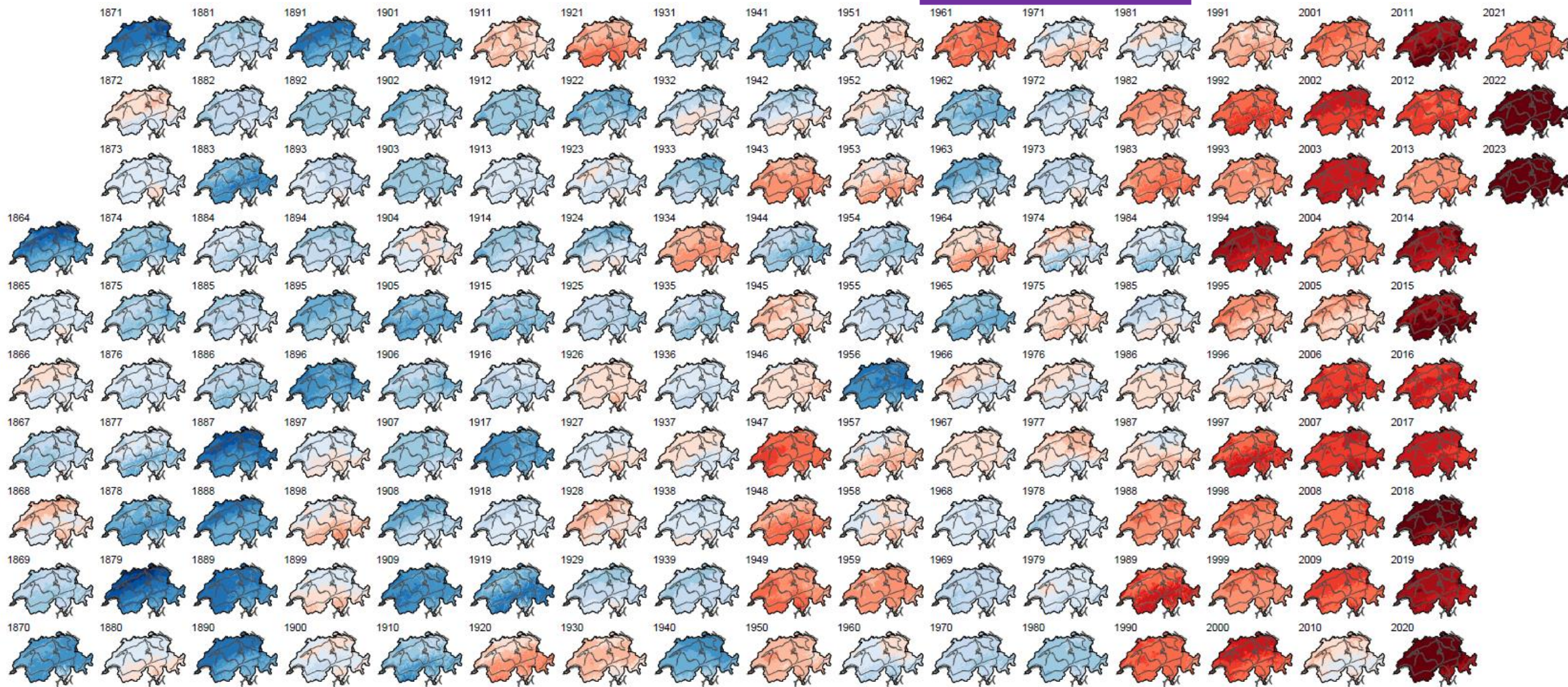
**Pierre-Henri Dubuis et al.**

12 février 2025 - InnoVino

[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch) | une bonne alimentation, un environnement sain



# Températures moyennes annuelles comparées à norme 1961 - 1990



Abw. / dév / dev. / dev. 1961 - 1990 [°C]

© MeteoSchweiz / © MétéoSuisse / © MeteoSvizzera / © MeteoSwiss



# Epidémie mildiou forte en 2024

Pression de maladie extrême



20 mai



27 mai

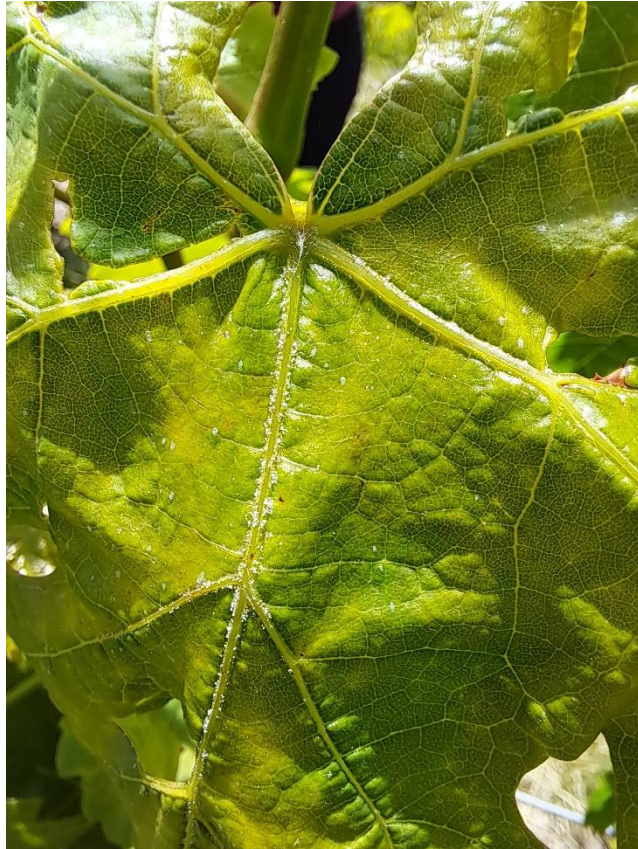


29 mai



# Epidémie mildiou forte en 2024

Pression de maladie extrême



19 Juin



6 juillet



16 août



# Epidémie mildiou forte en 2024

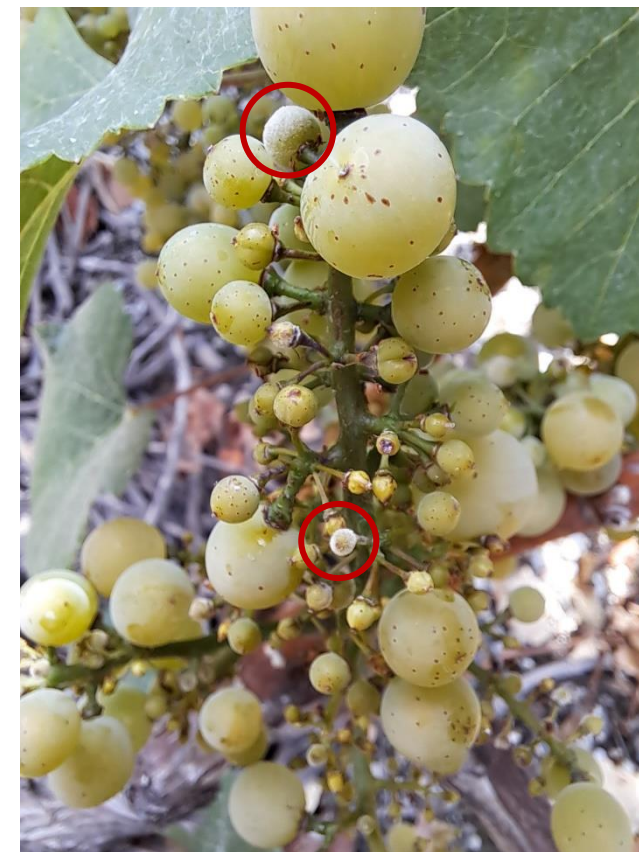
Pression de maladie extrême



23 juillet



21 août



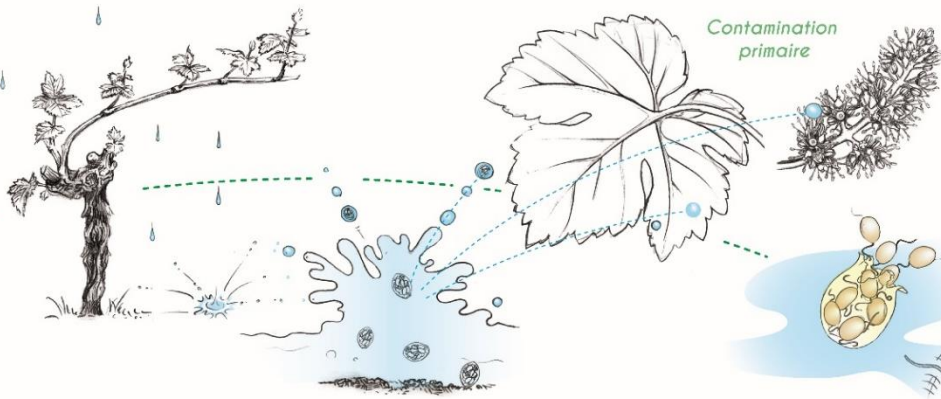
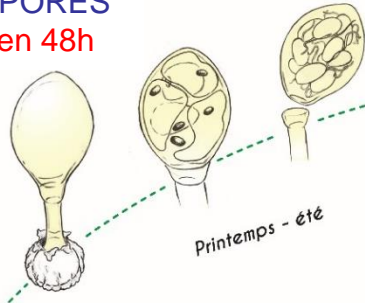
19 août



# Mildiou

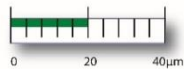
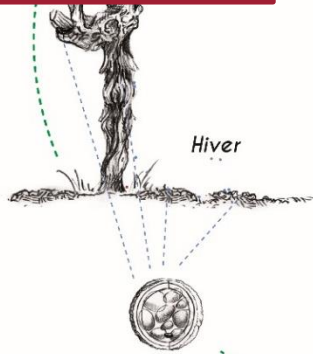
## *Plasmopara viticola*

GERMINATION OOSPORES  
**Algor. 2: 5 mm pluie en 48h**



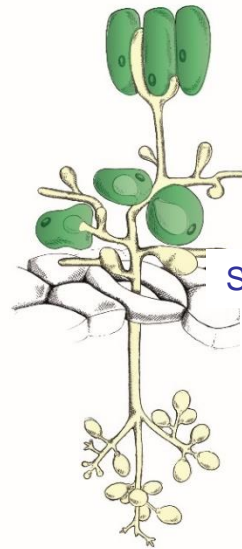
**DISPERSION (splashing)**  
 Intensité pluie >3mm/h,  
 temp.>8°C (durant 6 h après  
 germination oospores)

**VitiMeteo**  
 Agroscope  
 Staatliches Weinbauinstitut Freiburg  
 GEOsens Softwareentwicklung



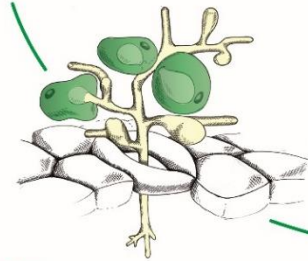
**Phase sexuée**

Automne  
 Fécondation



**SPORULATION**

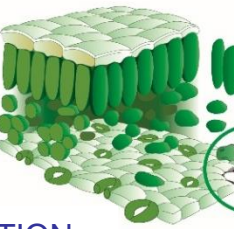
4h obscurité, feuilles mouillées  
 temp. > 12°C, ou HR >92%



**INCUBATION**  
 f (température)

**INFECTIONS SECONDAIRES**

3-29°C, feuilles mouillées,  
 deg.-heures >50°C



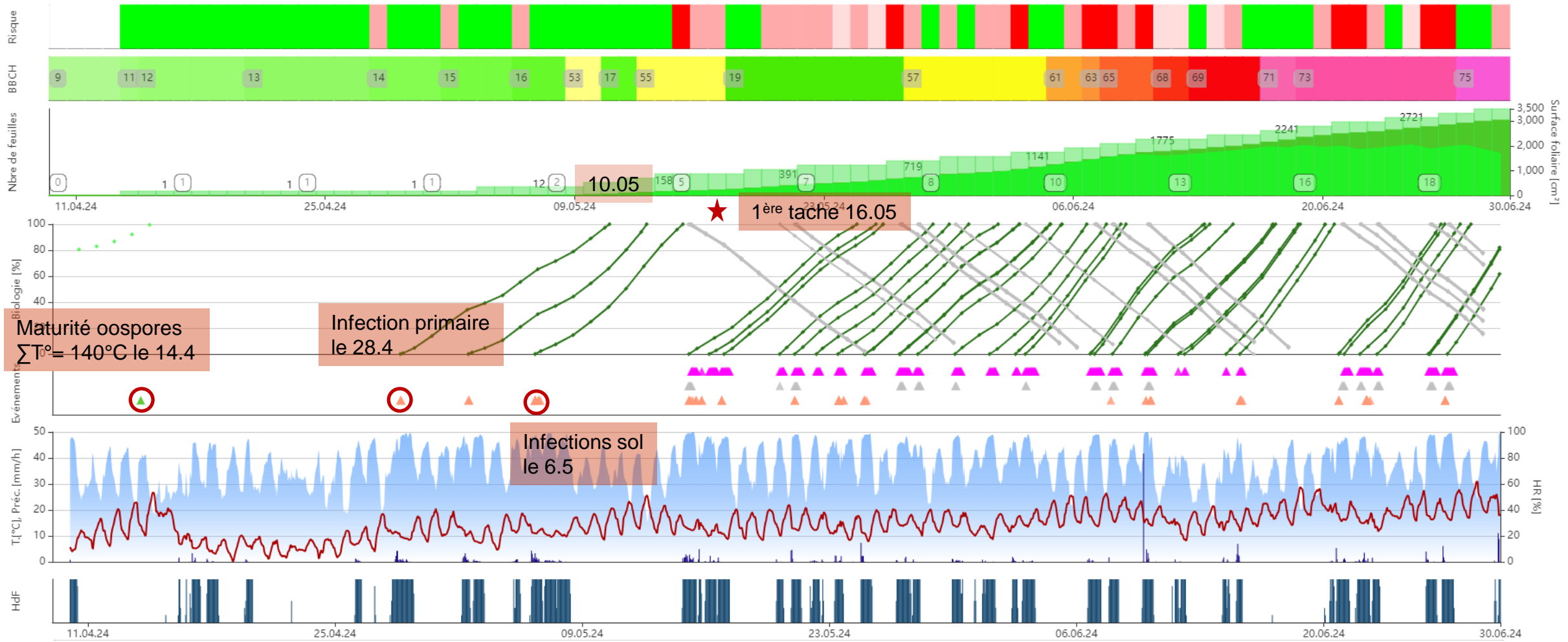
Contamination secondaire:  
 - feuilles  
 - jeunes baies  
 - baies avant véraison

**INFECTION PRIMAIRE**  
 deg.-heures >50°C durant  
 humectage feuilles

Illustration Virginie Duquette



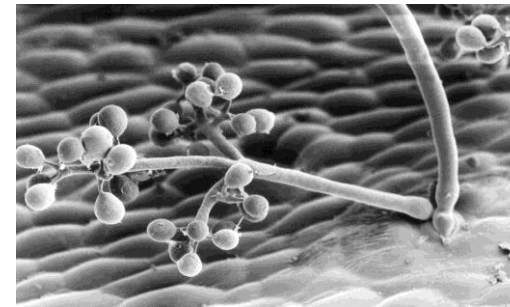
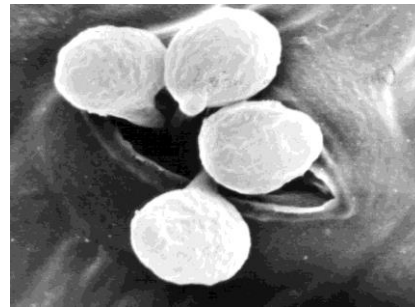
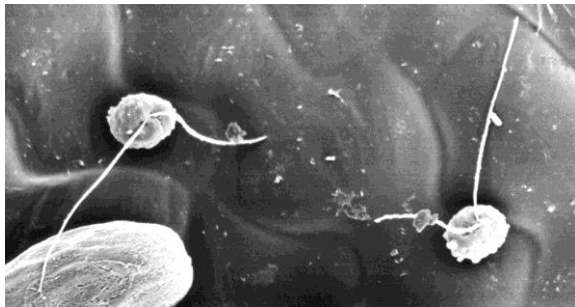
# Mildiou modélisé à Changins





# Biologie du mildiou et 2 mots

- Pathogène extrêmement spécialisé et efficace
- Biotrophe obligatoire
- Besoin d'un film d'eau à la surface des organes pour infecter
- Production d'une quantité gigantesque de sporanges
- Développement exponentiel si conditions favorables
- Si présence de taches d'huile => pas besoin de pluies, rosée suffit à produire nouvelles infections (repiquages)

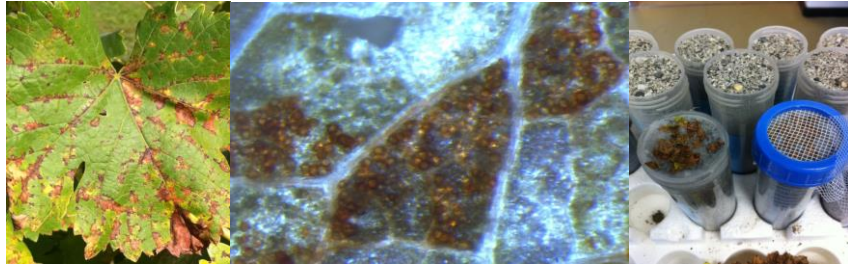






# Maturation des oospores – date maturité

## Suivi de la maturation des oospores au labo



1. Récolte de feuilles avec mildiou mosaïque en automne

2. Repérage des oospores à la loupe binoculaire par transparence

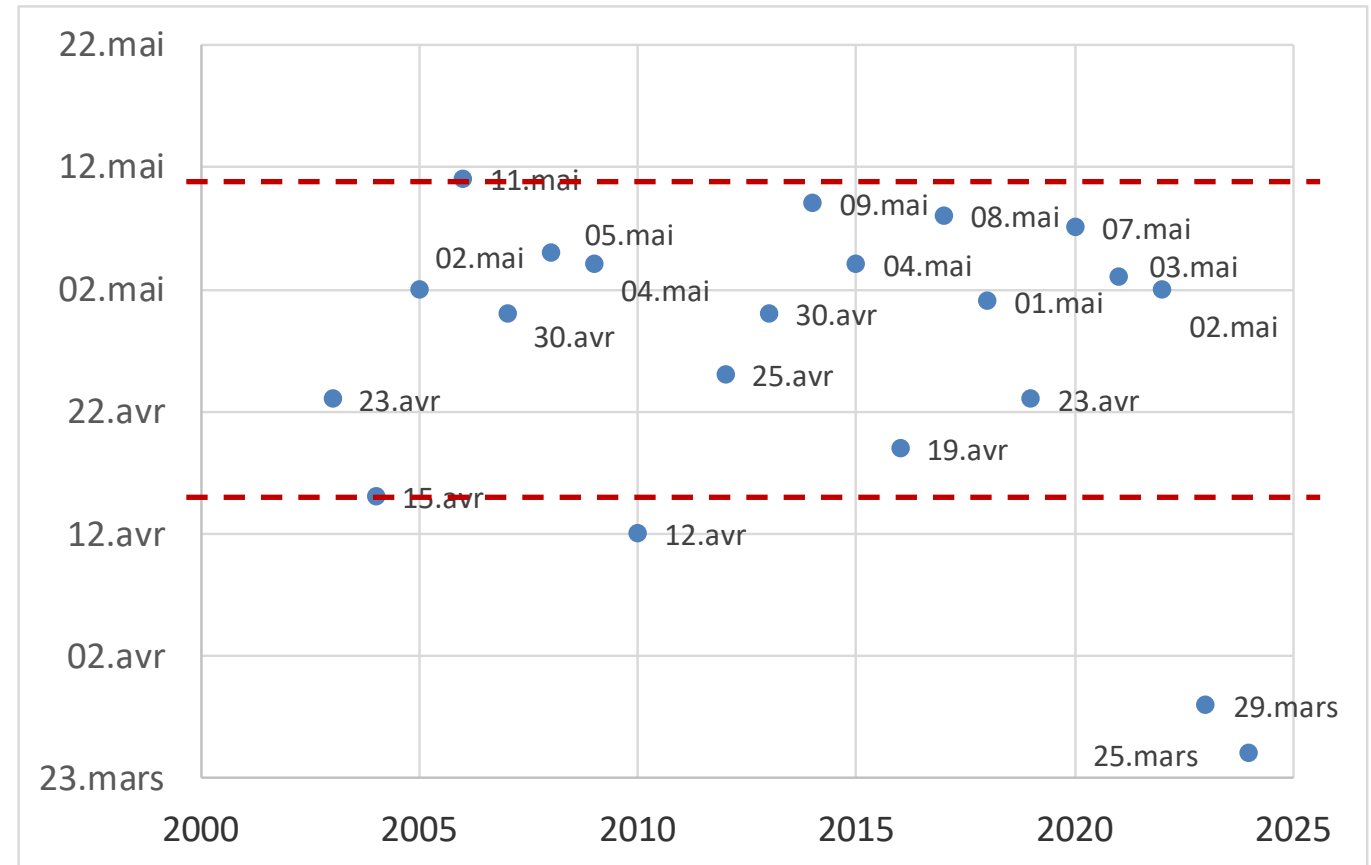
3. Préparation des tubes et mise en place à l'extérieur pour l'hiver



4. Au printemps, prélèvement 1 à 2 fois par semaine et mise en conditions de laboratoire

5. Observation des sporanges germés tous les jours

## Date maturité des oospores





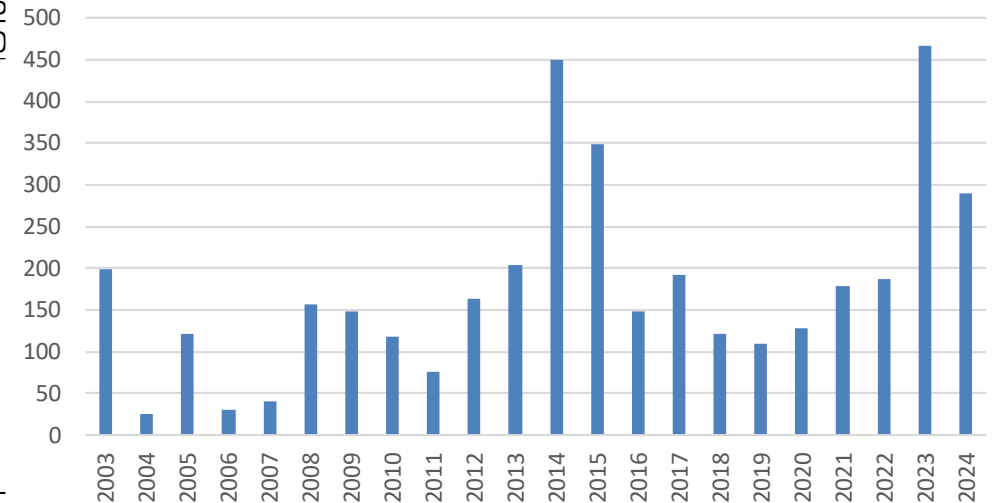
# Maturation des oospores – nombre de germination

Date	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ1-10
04.03.2024	0	0	0	1.8	44.2	103.0	<b>118.2</b>	48.8	32.8	9.8		358.6
11.03.2024	0	0	0	0	6	69.2	<b>103</b>	33	11	4.6		226.8
18.03.2024	0	0.2	1.8	13	70.4	<b>75.2</b>	51.4	26.4	6.8	4.6		249.8
25.03.2024	<b>30</b>	140.4	360.6	<b>368.6</b>	184.4	126.2	36.8	4.4	0.8	0.2		<b>1252.4</b>
01.04.2024	<b>4.6</b>	31.4	57.4	69.8	<b>74.6</b>	72.4	30.2	4.4	1	0.2		346.0
08.04.2024	<b>12.6</b>	28.6	113.4	<b>125.2</b>	72.4	23.8	11.4	7.2	2.2	1		397.8
15.04.2024	<b>3.6</b>	18.4	32.2	<b>34.2</b>	27.6	10.2	1.6	0.2	0	0		128.0
22.04.2024	<b>9.0</b>	<b>78.8</b>	49.8	50.2	36.2	31.4	32.2	35.2	8.8	0.8		332.4
29.04.2024	<b>2.2</b>	12.6	35.0	34.6	45.0	<b>73.6</b>	30.8	8.8	3.4	1.6		247.6
02.05.2024	<b>0.8</b>	0.8	2.0	2.0	0.6	0.2	0.2	0	0	0		6.6
06.05.2024	<b>3.0</b>	2.6	1.8	0.6	0.2	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0		9.0
09.05.2024	<b>0.4</b>	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.8
13.05.2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
20.05.2024	0	0.2	1.2	1	1	1.4	0.8	1	0.4	0.2		7
27.05.2024	<b>7.2</b>	7.8	5.6	4.8	0.8	0.6	0	0	0	0		26
03.06.2024	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0		0

Moyenne = 290

Nombre moyen d'oospores germés entre le début avril et l'infection primaire

Changins - Nbre moyen d'oospores





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

**Agroscope**

# Stratégie d'application du cuivre lessivage, quantité nécessaire

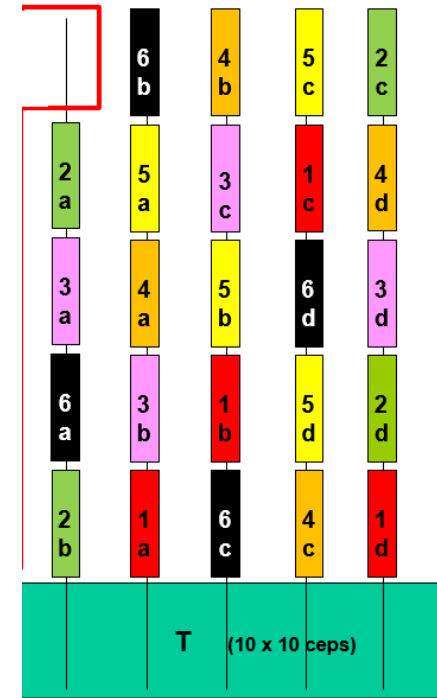
Katia Gindro, Sylvain Schnée et Pierre-Henri Dubuis, Agroscope  
Marilyn Cléroux, Changins



# Mildiou – essai application de cuivre

- Essais 2019 - 2021
- Essai dépôt et efficacité de différentes doses du cuivre (**hydroxide de Cu**)

Variante	Produit	Dosage [g Cu/ha]	Remarque
2	Funguran Flow	<b>720</b>	= N
3	Funguran Flow	<b>300</b>	= 0.4N)
4	Funguran Flow	<b>200</b>	= 0.28N
5	Kocide Opti	<b>300</b>	= N



- Traitements selon le risque
  - 2019: 11 traitements; pression mildiou presque nulle (témoin non traité fréquence 1% le 14.08)
  - 2020: 8 traitements; pression mildiou presque nulle, 1<sup>ère</sup> tache le 21 juillet dans le témoin
  - **2021: 8 traitements; pression très forte dès mi-juillet**

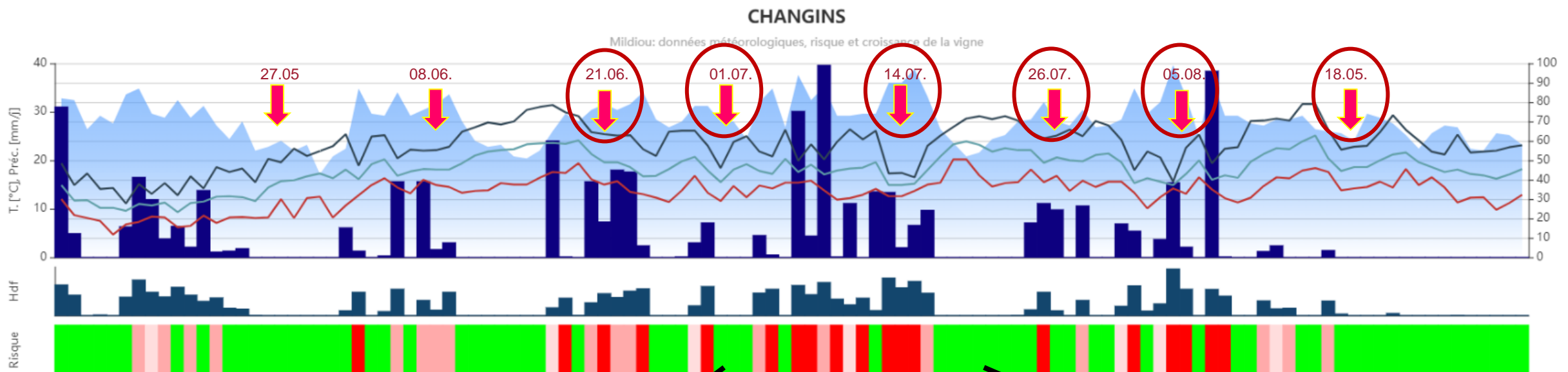


# Dates de traitements en 2021

Apport Cu métal total en 2021

- 720 g Cu/ha => **5.04** kg Cu/ha/an
- 300 g Cu/ha => **2.10** kg Cu/ha/an
- 200 g Cu/ha => **1.40** kg Cu/ha/an

8 traitements seulement, pression forte dès mi-juillet



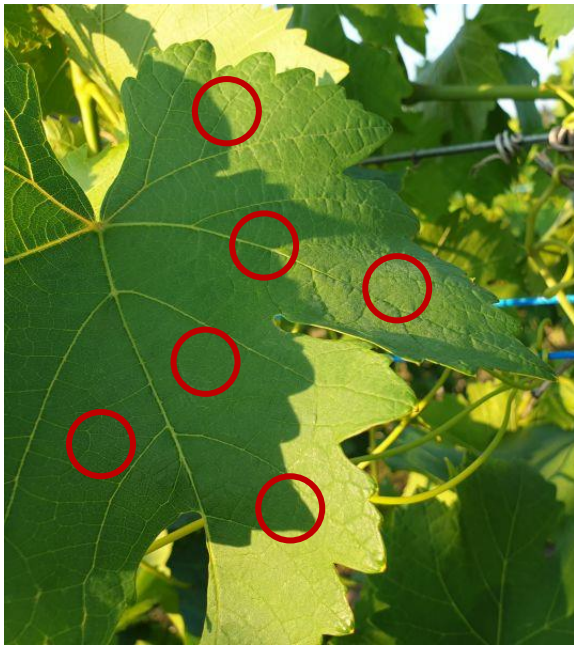
30 juin, témoin non traité  
 Feuilles: fréq.15.3%, sévérité 1.4%  
 Grappes: fréq. 1%, sévérité 0.4%

20 juillet, témoin non traité  
 Feuilles: fréq.100%, sévérité 79.4%  
 Grappes: fréq. 97.5%, sévérité 42.5%



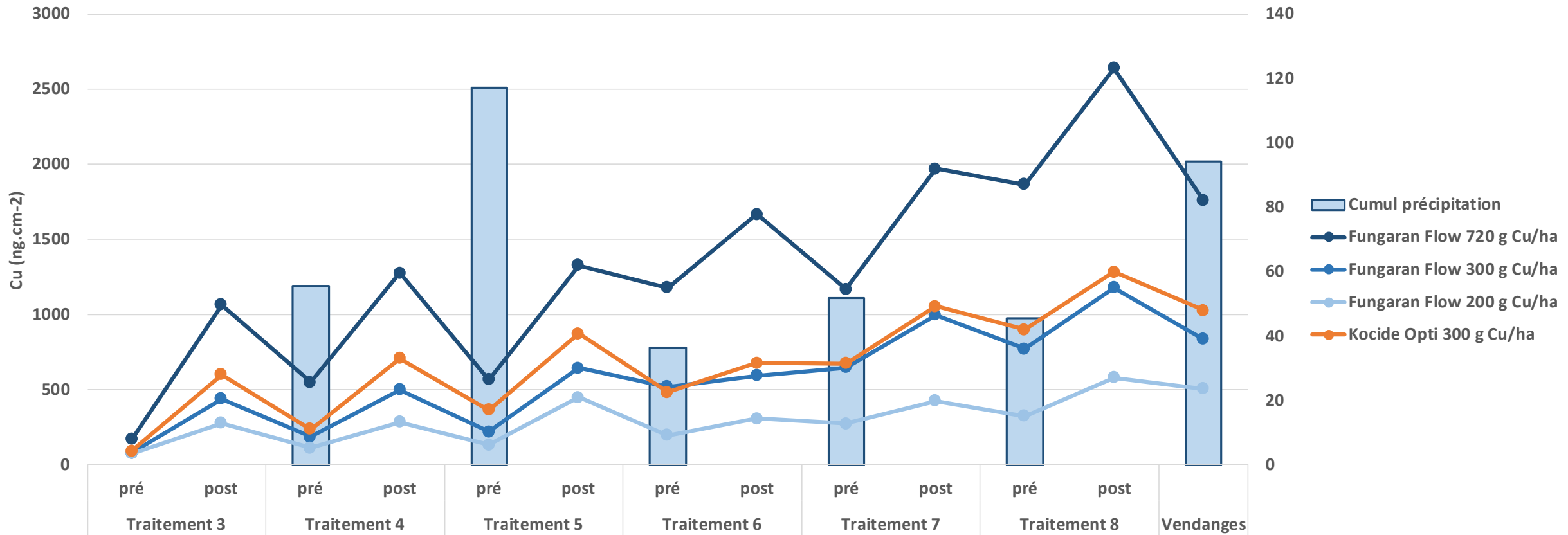
# Quantification du Cu sur les feuilles

- Quantification du Cu total sur les feuilles par prélèvements
  - Avant chaque traitement
  - Après chaque traitement





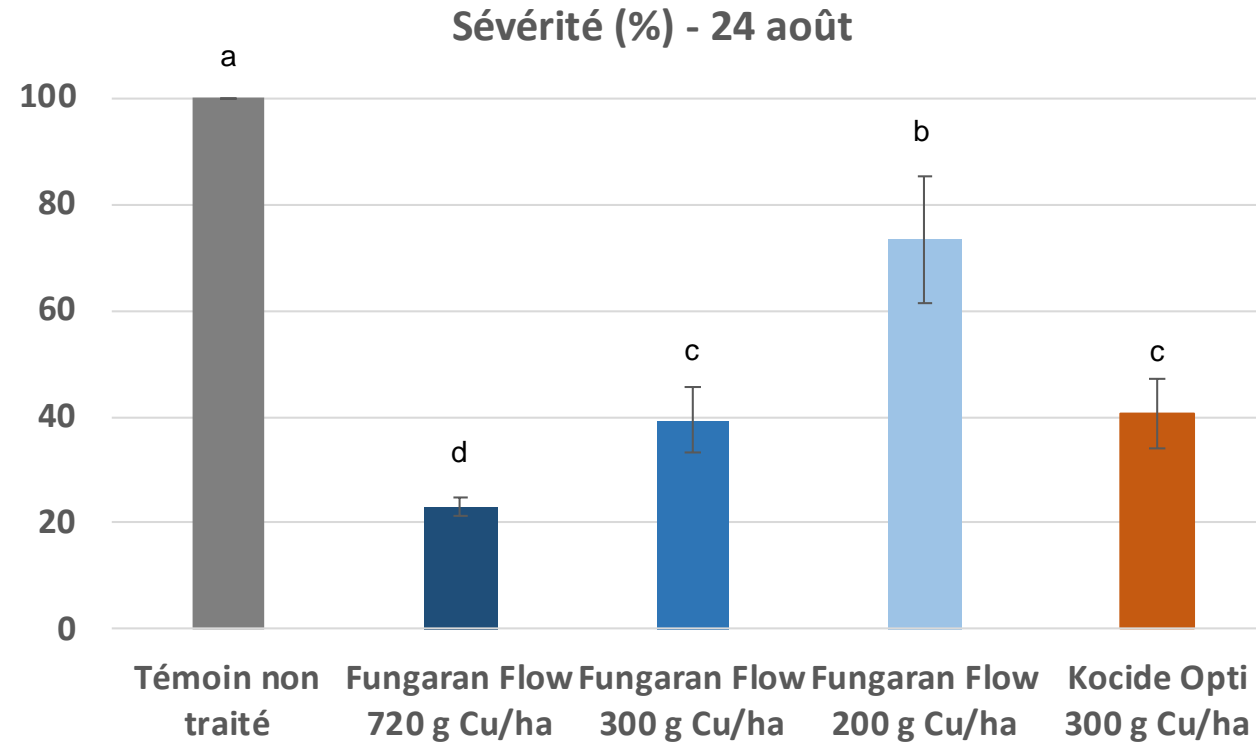
# Lessivage et accumulation



- Lessivage pas corrélé à l'intensité de pluie mais corrélé au cumul (pour 720 g Cu/ha)
- **Accumulation** en cours de saison malgré le lessivage



# Efficacité sur feuilles (intensité)



- **Effet dose:** forte corrélation entre dosage et sévérité mildiou sur feuilles ( $R^2 = -0.861$ )





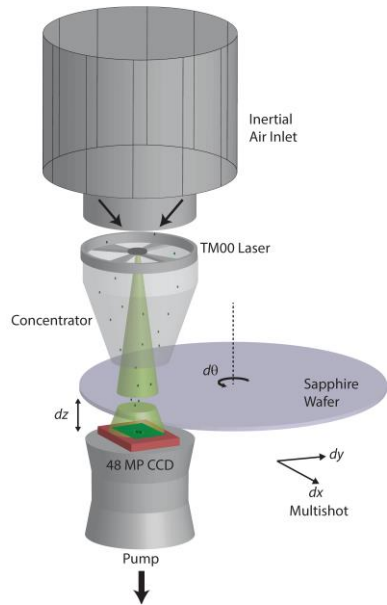
# Conclusions

- Cuivre: fongicide et bactéricide ancien mais
  - **Candidat à la substitution** (UE)
  - Matière active présentant un **potentiel de risque particulier** (Annexe 9.1 du Plan d'Action National-PPh)
- **Lessivage** corrélé au cumul de pluie et pas à l'intensité
- Cuivre **s'accumule au cours de la saison**
- Pour l'efficacité:
  - **effet dose**
  - positionnement et renouvellement important

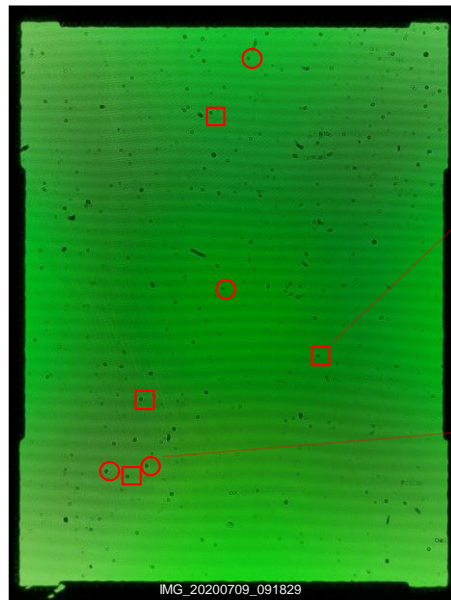


# Détection et identification de spores par holographie

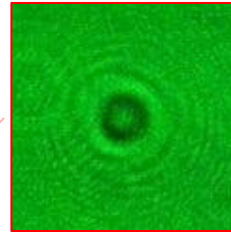
Identification du mildiou et de l'oïdium par l'IA



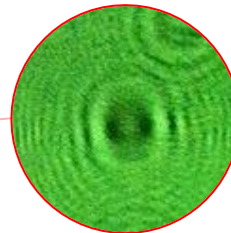
Segmentation



Holographie



Mildiou



Oïdium

Microscopie



- *P. viticola* spore
- *E. necator* spore

Patents: EP 19 170  
073.1(2019),  
PCT/EP2020/060873 (2020)

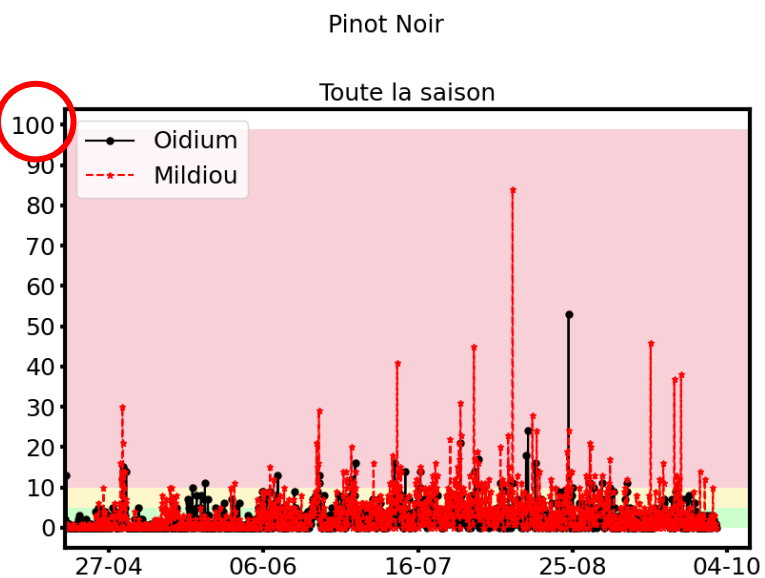
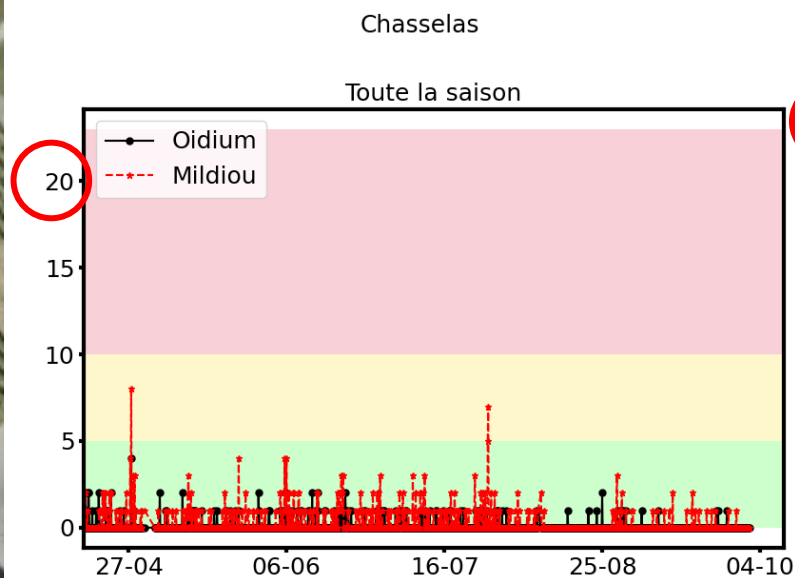
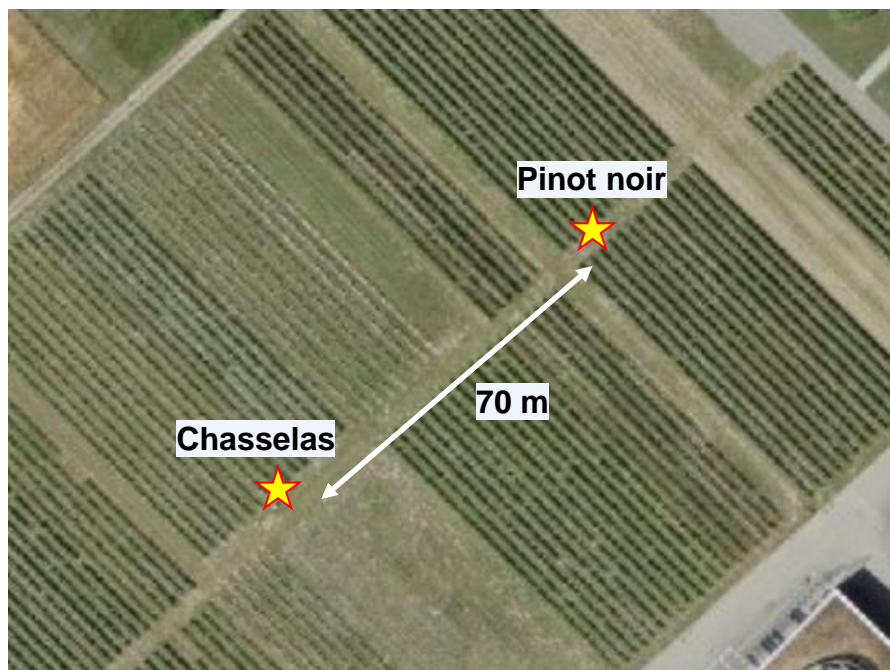
## Discrimination des interférants

Output Class	Confusion Matrix								exactitude
	Agglomerate F. S.	Alnus Glutinosa	Castanea Sativa	Fagus Sylvatica	Downy Mildew	Powdery Mildew	Taraxacum O. Populus T.	Quercus Robur	
Agglomerate F. S.	294 4.2%	0 0.0%	0 0.0%	6 0.1%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	97.0%
Alnus Glutinosa	0 0.0%	397 5.6%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	4 0.1%	6 0.1%	38 0.5%	88.8%
Castanea Sativa	0 0.0%	0 0.0%	382 5.4%	0 0.0%	23 0.3%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	93.6%
Fagus Sylvatica	6 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	1058 15.0%	0 0.0%	2 0.0%	2 0.0%	16 0.2%	97.6%
Downy Mildew	0 0.0%	4 0.1%	67 1.0%	0 0.0%	1102 15.6%	14 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	92.8%
Powdery Mildew	0 0.0%	2 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	4 0.1%	1351 19.2%	10 0.1%	2 0.0%	98.4%
Taraxacum O. Populus T.	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	7 0.1%	1348 19.1%	1 0.0%	99.3%
Quercus Robur	1 0.0%	27 0.4%	0 0.0%	14 0.2%	0 0.0%	15 0.2%	5 0.1%	826 11.7%	93.0%
	2.3%	7.7%	16.0%	1.9%	2.5%	3.4%	1.7%	6.6%	4.1%

Base de données: 35 000 Images  
Target Class  
exactitude: 95,9%

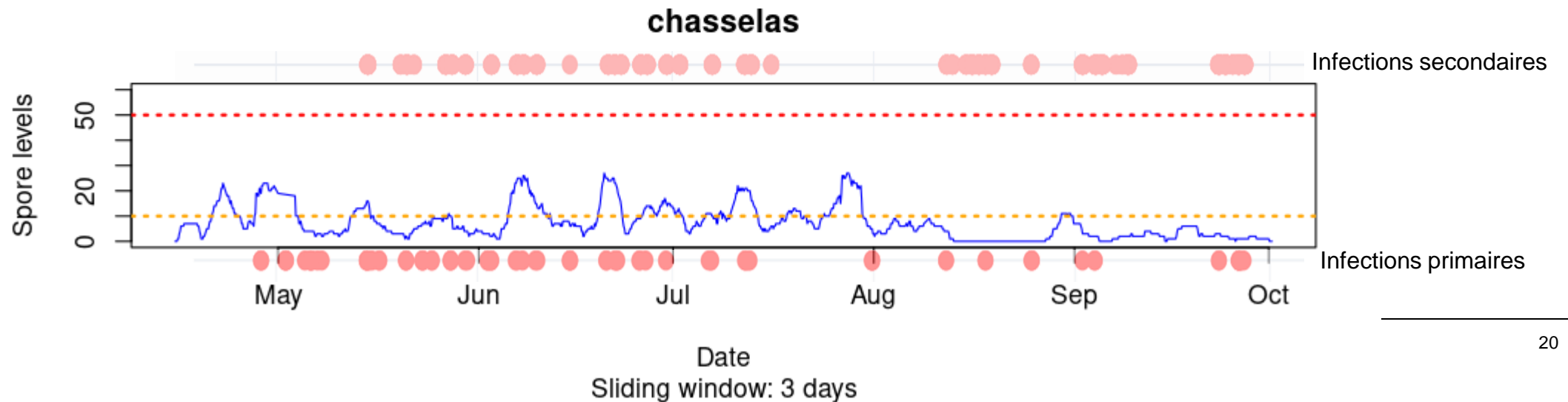
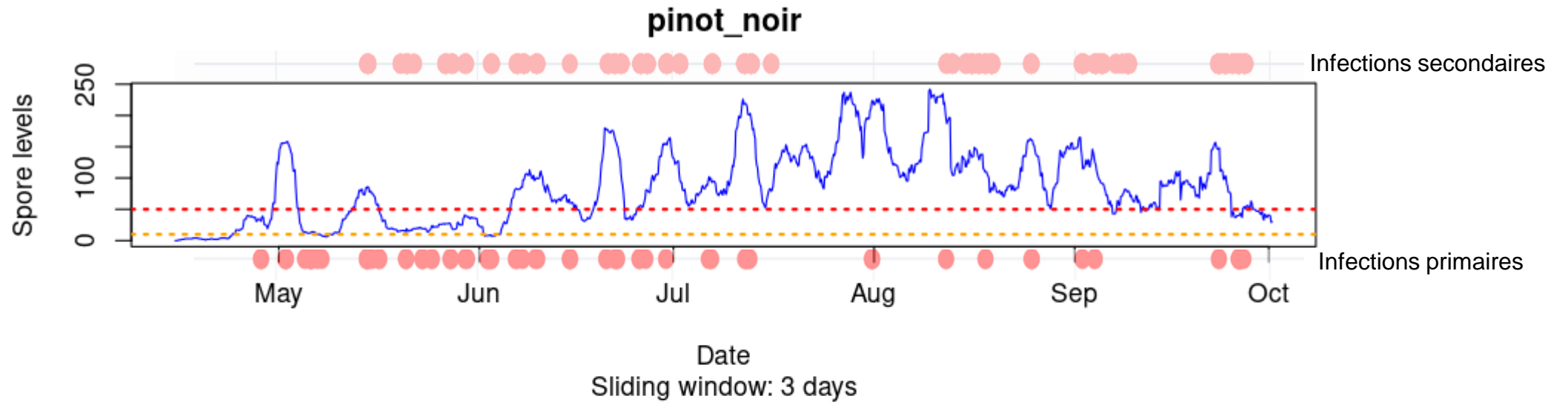


# Suivi en temps réel: exemple à Changins



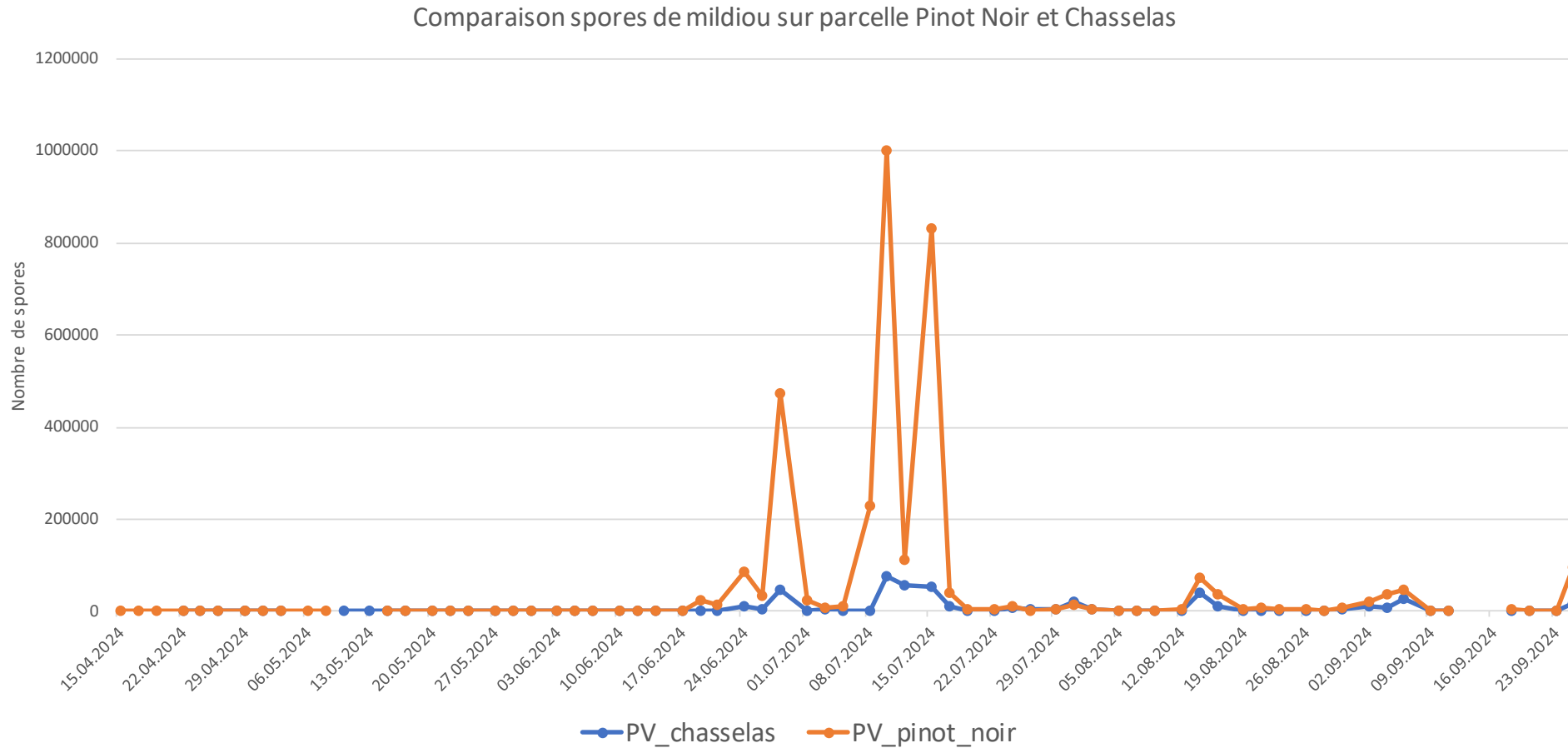


# Essai de prises de decision - deux seuils testés



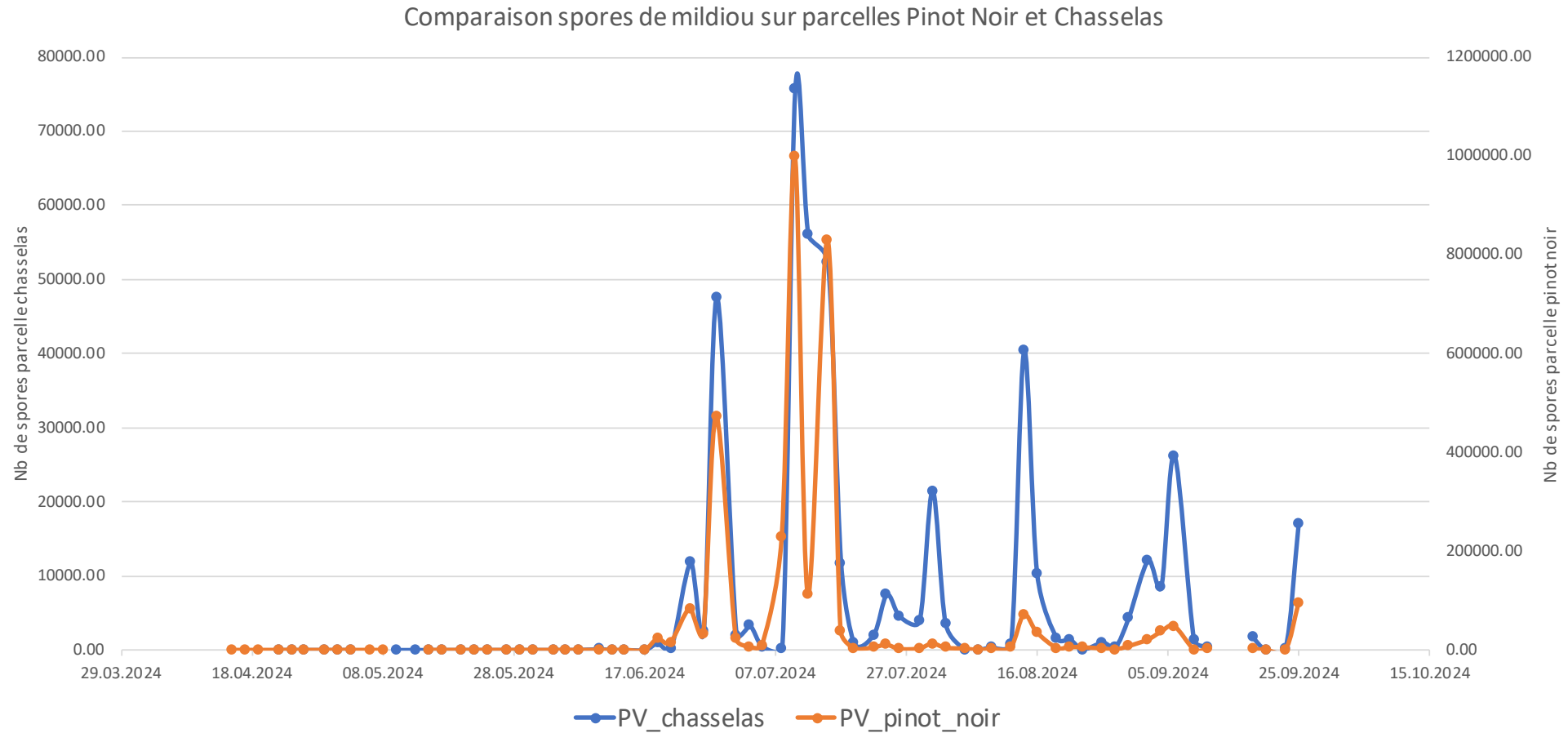


# Comparaison qPCR: Chasselas VS Pinot noir





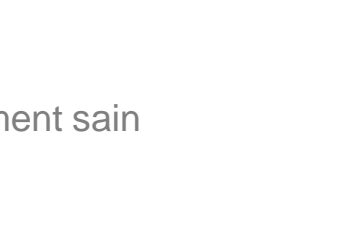
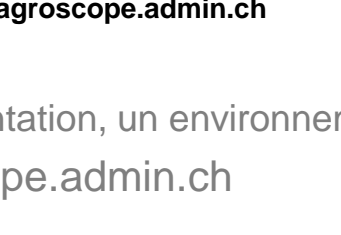
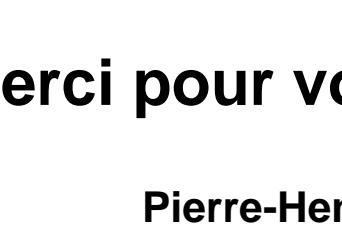
# Comparaison qPCR: Chasselas VS Pinot noir





# Conclusion

- **Conditions météo** très favorables au mildiou tout au long de la saison
- Maturité des **oospores** exceptionnellement précoce et importante
- Fortes **infections primaires** sur feuilles mais aussi inflorescences
- **Epidémie très forte** nécessite une protection sans faille
  
- **Cuivre:**
  - **Lessivage** corrélé au cumul de pluie et pas à l'intensité
  - Cuivre **s'accumule au cours de la saison**
  - Pour l'efficacité:
    - **effet dose**
    - positionnement et renouvellement important
  
- **Capteur de spore** fourni des données pertinentes mais très locales, stratégie?



**Merci pour votre attention**

**Pierre-Henri Dubuis**

[pierre-henri.dubuis@agroscope.admin.ch](mailto:pierre-henri.dubuis@agroscope.admin.ch)

**Agroscope** une bonne alimentation, un environnement sain

[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)

